This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Это цифровая коиия книги, хранящейся для иотомков на библиотечных иолках, ирежде чем ее отсканировали сотрудники комиании Google в рамках ироекта, цель которого - сделать книги со всего мира достуиными через Интернет.

Прошло достаточно много времени для того, чтобы срок действия авторских ирав на эту книгу истек, и она иерешла в свободный достуи. Книга иереходит в свободный достуи, если на нее не были иоданы авторские ирава или срок действия авторских ирав истек. Переход книги в свободный достуи в разных странах осуществляется ио-разному. Книги, иерешедшие в свободный достуи, это наш ключ к ирошлому, к богатствам истории и культуры, а также к знаниям, которые часто трудно найти.

В этом файле сохранятся все иометки, иримечания и другие заииси, существующие в оригинальном издании, как наиоминание о том долгом иути, который книга ирошла от издателя до библиотеки и в конечном итоге до Вас.

Правила использовапия

Комиания Google гордится тем, что сотрудничает с библиотеками, чтобы иеревести книги, иерешедшие в свободный достуи, в цифровой формат и сделать их широкодостуиными. Книги, иерешедшие в свободный достуи, иринадлежат обществу, а мы лишь хранители этого достояния. Тем не менее, эти книги достаточно дорого стоят, иоэтому, чтобы и в дальнейшем иредоставлять этот ресурс, мы иредириняли некоторые действия, иредотвращающие коммерческое исиользование книг, в том числе установив технические ограничения на автоматические заиросы.

Мы также иросим Вас о следующем.

- Не исиользуйте файлы в коммерческих целях.
  Мы разработали ирограмму Поиск книг Google для всех иользователей, иоэтому исиользуйте эти файлы только в личных, некоммерческих целях.

- Не отиравляйте автоматические заиросы.
  Не отиравляйте в систему Google автоматические заиросы любого вида. Если Вы занимаетесь изучением систем машинного иеревода, оитического расиознавания символов или других областей, где достуи к большому количеству текста может оказаться иолезным, свяжитесь с нами. Для этих целей мы рекомендуем исиользовать материалы, иерешедшие в свободный достуи.

- Не удаляйте атрибуты Google.
  В каждом файле есть "водяной знак" Google. Он иозволяет иользователям узнать об этом ироекте и иомогает им найти доиолнительные материалы ири иомощи ирограммы Поиск книг Google. Не удаляйте его.

- Делайте это законно.
  Независимо от того, что Вы исиользуйте, не забудьте ироверить законность своих действий, за которые Вы несете иолную ответственность. Не думайте, что если книга иерешла в свободный достуи в США, то ее на этом основании могут исиользовать читатели из других стран. Условия для иерехода книги в свободный достуи в разных странах различны, иоэтому нет единых иравил, иозволяющих оиределить, можно ли в оиределенном случае исиользовать оиределенную книгу. Не думайте, что если книга иоявилась в Поиске книг Google, то ее можно исиользовать как угодно и где угодно. Наказание за нарушение авторских ирав может быть очень серьезным.

О программе Поиск кпиг Google

Миссия Google состоит в том, чтобы организовать мировую информацию и сделать ее всесторонне достуиной и иолезной. Программа Поиск книг Google иомогает иользователям найти книги со всего мира, а авторам и издателям - новых читателей. Полнотекстовый иоиск ио этой книге можно выиолнить на странице `http://books.google.com/`

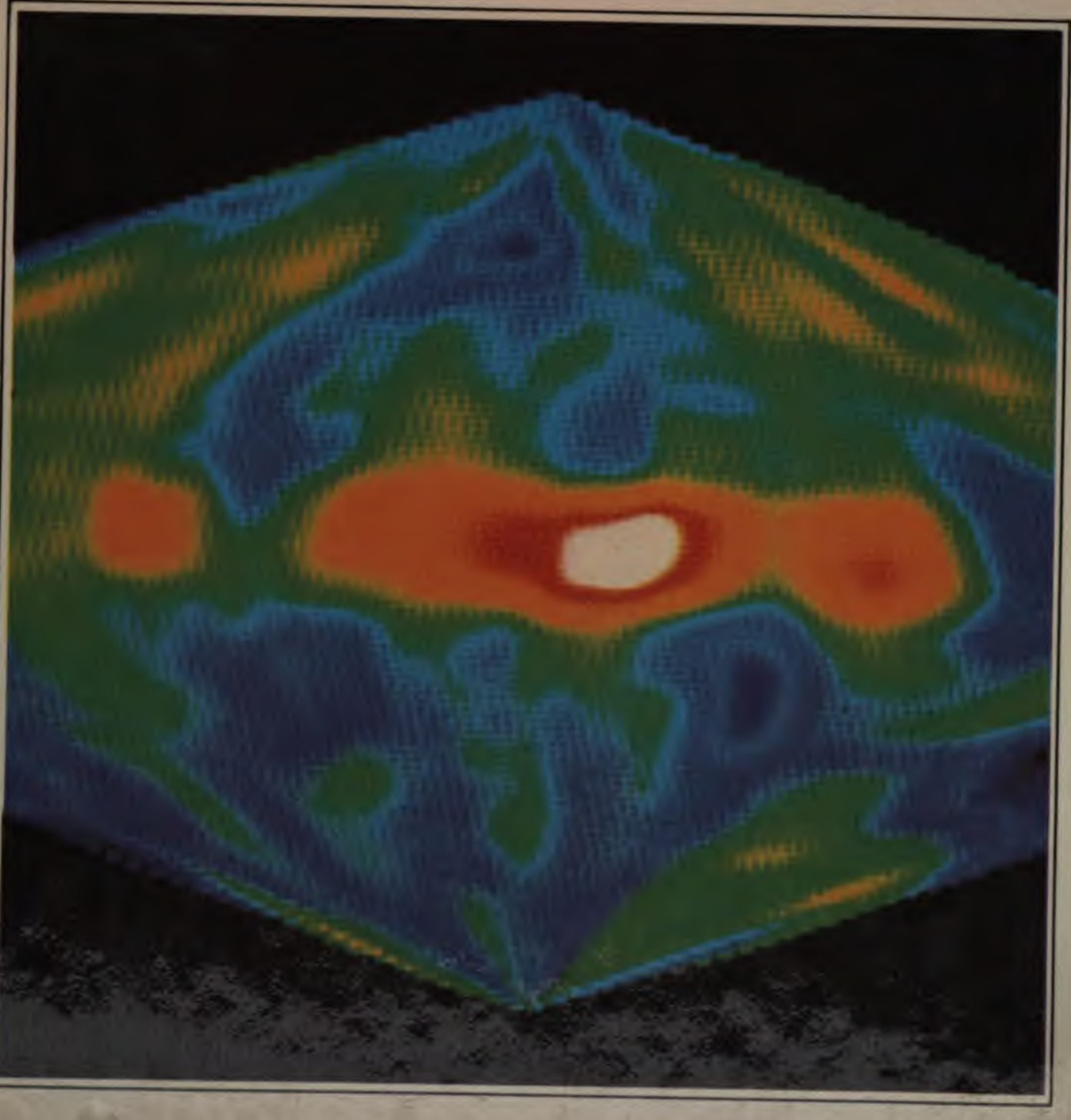
Q
9
.N28
1987

B 1,115,128

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1987

ДОСТУПНО И ТОЧНО О ГЛАВНОМ В МИРОВОЙ НАУКЕ



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
1817
LIBRARIES

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Когда будешь излагать науку... не забудь под каждым положеннем приводить его практические применения, чтобы твоя наука не была бесполезна.

Леонардо да Винчи

Nauka i Chelovechestvo.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1987

ЧЕЛОВЕК

ЗЕМЛЯ

МИКРОМИР

ВСЕЛЕННАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

ДОСТУПНО И ТОЧНО О ГЛАВНОМ В МИРОВОЙ НАУКЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

МОСКВА 1987

Когда будешь излагать науку... не забудь под каждым положением приводить его практические применения, чтобы твоя наука не была бесполезна.

Леонардо да Винчи

Nauka i Chelovechestvo.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕЖЕГОДНИК

НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО 1987

ЧЕЛОВЕК

ЗЕМЛЯ

МИКРОМИР

ВСЕЛЕННАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

ДОСТУПНО И ТОЧНО О ГЛАВНОМ В МИРОВОЙ НАУКЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

МОСКВА 1987

К 72
Н34

Редакционная коллегия

А. А. ЛОГУНОВ
академик
(председатель)

А. П. АЛЕКСАНДРОВ
академик

Н. Г. БАСОВ
академик

Н. Н. БЛОХИН
академик

Б. В. ГНЕДЕНКО
академик
Академии наук УССР

Н. К. ГОЛОВКО
общественный деятель

В. А. КИРИЛЛИН
академик

В. В. КОРТУНОВ
профессор

И. М. МАКАРОВ
член-корреспондент
Академии наук СССР

Г. И. МАРЧУК
академик

А. С. МОНИН
член-корреспондент
Академии наук СССР

А. А. НИКОНОВ
академик

Ю. А. ОВЧИННИКОВ
академик

Н. Н. СЕМЕНОВ
академик

Л. Н. ТОЛКУНОВ
общественный деятель

В. М. ФАЛИН
общественный деятель

П. Н. ФЕДОСЕЕВ
академик

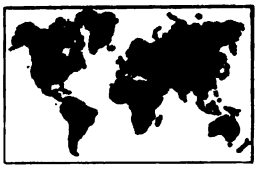
А. Л. ЯНШИН
академик

Ответственный
редактор
Е. Б. ЭТИНГОФ

Издательство «Знание», 1987 г.
N 0201-680 X

Авторы ежегодника — ученые следующих стран:

1962—1986



АВСТРАЛИЯ
АВСТРИЯ
АНГЛИЯ
АРГЕНТИНА
БЕЛЬГИЯ
БОЛГАРИЯ
БРАЗИЛИЯ
ВЕНГРИЯ
ВЬЕТНАМ
ГАНА
ГВИНЕЯ
ГДР
ЕГИПЕТ
ИНДИЯ
ИРЛАНДИЯ
ИТАЛИЯ
КАНАДА
КЕНИЯ
КОЛУМБИЯ
КОСТА-РИКА
КУБА
МОНГОЛИЯ
НИДЕРЛАНДЫ
НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ
НОРВЕГИЯ
ПАКИСТАН
ПОЛЬША
РУМЫНИЯ
СССР
США
ТУРЦИЯ
ФИНЛЯНДИЯ
ФРАНЦИЯ
ФРГ
ЧЕХОСЛОВАКИЯ
ШВЕЙЦАРИЯ
ШВЕЦИЯ
ШРИ-ЛАНКА
ЭФИОПИЯ
ЮАР
ЮГОСЛАВИЯ
ЯПОНИЯ

1987

АВСТРАЛИЯ
АНГЛИЯ
ГДР
ГРЕЦИЯ
ПОЛЬША
СССР
США
ЧЕХОСЛОВАКИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

ЧЕЛОВЕК

13 А. А. АДАМЯН, Я. КАЛАЛ
Искусственные эмболы останавливают кровотечение
Закупорка кровеносного сосуда, обычно чреватая тяжелыми последствиями, может, оказывается, быть и спасительным методом лечения, например, уменьшить опасность потери крови или предотвратить ее. Для этого служат искусственные эмболы из гидрогеля — нового полимера, созданного в Чехословакии и успешно примененного в совместной работе с советскими учеными

23 Дж. ФАРРАНТ
Культура лимфоцитов — модель иммунитета
Предлагаемый автором статьи многофакторный эксперимент лучше воспроизводит реальную ситуацию в живом организме, чем широко применяемые в биологии системы с одной переменной величиной. Для этого автор использует микрокультуры клеток и компьютерный анализ результатов

31 М. ДАБРОВСКИЙ
Тимус — источник новых лекарств
Иммунная система — основной защитник нашего организма. Нарушения в ее работе приводят ко многим заболеваниям. Польский препарат — гормон вилочковой железы — нормализует клеточный состав иммунной системы, оказывая тем самым не только лечебное, но и профилактическое действие

37 Б. А. РЫБАКОВ
Язычество и Древняя Русь
Каким был внутренний мир нашего далекого предка? Его представления о природе и о себе самом? Его верования, обряды, песни, сказки? И какие отголоски многовекового прошлого живы поныне? Об этом говорит археология, изучение фольклора и народного искусства — источников высокого эстетического наслаждения во все времена

61 Д. МАНИА
Бильцингслебен — стоянка нервобытного человека
Впервые наука получила столь полное представление о людях, живших в Европе 300 000 лет назад — в середине ледникового периода. Открытие этой стоянки позволило узнать, как вели свое хозяйство древние охотники и собиратели, каков был у них общественный уклад, какова среда обитания

ЗЕМЛЯ

71 Дж. БЕРДЖЕР, М. Б. ГОХБЕРГ, Т. КОХРЭН, И. Л. НЕРСЕСОВ
Сейсмический контроль и проблема запрещения ядерных испытаний
Советско-американский эксперимент уже доказал, что чувствительные приборы регистрируют любые подземные ядерные испытания, следовательно, мораторий на них поддается надежному сейсмическому контролю. Таков еще один аргумент в пользу реальности прекращения гонки вооружений. Во всяком случае, участники этой совместной работы надеются, что недалек тот день, когда аппаратура в районах ядерных полигонов в Неваде и Казахстане будет фиксировать на них только тишину

79 А. П. ЛИСИЦЫН, А. М. САГАЛЕВИЧ
Путешествие на дно океана
Совсем недавно спуск в океан на глубину в несколько сотен метров был редким событием, к которому готовились годами. Проникнуть в глубь океана человеку, пожалуй, ненамного проще, чем полететь в космос. Достаточно сказать, что каждая тысяча метров глубины увеличивает давление на подводный аппарат на 100 атм, а на предельных глубинах оно достигает 1100 атм

99 У. КИНГ
Облака: взгляд с исследовательского самолета
По каким бы путям ни шло развитие физики облаков в мире — этой новой области науки, зародившейся в конце второй мировой войны, — австралийские ученые в отличие от специалистов других стран буквально вынуждены использовать самолеты: ведь изучаемая территория огромна, облака, образующиеся в сухой атмосфере, находятся на большой высоте, а подходящих горных систем, с которых можно было бы вести их наблюдение наземными методами, нет

115 С. ГЕЙНЫ, К. КОПЕЦКИ, З. КРОПАЧ
Антропогенная растительность — как оценить ее роль?
Сорняки и рудеральные (пустырные) растения занимают все больше места на земле. Нежелательные и, как принято считать, даже вредные, они нередко оказываются полезной и, более того, необходимой частью растительного сообщества. Прогнозировать развитие таких сообществ, их влияние, в частности на плодородие почвы, помогает новый комплексный подход, предложенный чехословацкими учеными

МИКРОМИР

127 Д. В. ШИРКОВ
Новый метод теоретической физики
Волнующая сейчас не только физиков идея Великого объединения взаимодействий (сильного, электромагнитного и слабого) основана на результатах, полученных с помощью ренормализационной группы — нового универсального метода. Он находит применение также во многих других областях физики и служит мощным инструментом в познании строения и свойств материи

141 Н. ХАДЖИЛИАДИС
Соединения платины в химиотерапии рака
Открытие противоопухолевой активности некоторых соединений платины означало новый этап в химиотерапии рака. Изучение их свойств поможет найти и другие еще более эффективные препараты

151 Р. Г. БУТЕНКО
Биология клетки и биотехнология
Клетки высших растений, живущие вне организма — *in vitro*, оказались столь своеобразным и интересным объектом, что их исследование выделилось в новое направление биологии. Оно служит теперь основой клеточной и генной инженерии растений

ВСЕЛЕННАЯ

173 Н. С. КАРДАШЕВ, И. А. СТРУКОВ
Спутниковый радиоастрономический эксперимент «Реликт»: поиск ведут «археологи» Вселенной
Космологи надеются, что, детально изучив свойства фонового радиоизлучения, заполняющего Вселенную, они смогут найти экспериментальные доказательства своим пока по преимуществу гипотетическим теориям. Однако этот новый объект астрономических исследований оказался весьма строптивым: построить первые карты распределения фонового излучения по небесной сфере удалось лишь два десятилетия спустя после его открытия

187 И. ИБЕН МЛАДШИЙ, А. В. ТУТУКОВ
Сверхновые типа I — взрывающиеся двойные звезды
Чтобы понять, какой объект скрывается за сверхновыми первого типа и почему они взрываются, пришлось привлечь весь арсенал современной теоретической физики, начиная от квантовой механики, которая описывает свойства вещества в микромире, и кончая теорией относительности, которая нужна для моделирования явлений космических масштабов

205 Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Человек в открытом космосе
Вне космического корабля к невесомости, которая внутри него кажется экипажу чуть ли не привычной, добавляются такие факторы, как вакуум (исчезающе малое давление), низкие температуры, солнечная радиация, космическое излучение, потоки микрометеоров, неожиданные световые эффекты. Необычна обстановка и психологически — бездна без «конца и края», «верха и низа». И тем не менее выход в открытый космос становится все более необходимым элементом пилотируемого полета

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

221 А. Г. АГАНБЕГЯН
О радикальной реформе управления
Почему именно реформа управления занимает столь важное место в программе ускорения социально-экономического развития страны? Потому, что она поможет вовлечь в этот процесс широкие массы людей, даст простор их инициативе и живому творчеству и в конечном счете обеспечит выполнение намеченной перестройки на нынешнем крутом переломе истории

229 Е. П. ПОПОВ, Г. В. ПИСЬМЕННЫЙ
Адаптивные роботы для гибких производственных систем
Стремясь переложить свои функции в производственном процессе на плечи роботов, человек должен позаботиться о том, чтобы автомат был похож на него, если не по внешнему облику, то хотя бы по способностям, и мог ориентироваться в окружающей обстановке, принимать решения и действовать

245 Н. А. БОРИСЕВИЧ
Пикосекундная техника и сверхбыстрые процессы в сложных молекулах
От солнечных часов древности до лазеров, дающих сверхкороткие световые импульсы, — такой путь прошла техника измерения времени. Сегодня она дает возможность изучать сверхбыстрые процессы взаимодействия света с веществом. Кроме того, пикосекундные импульсы способны практически мгновенно передать веществу большую энергию

261 Н. С. ЕНИКОЛОПЯН, М. Л. ФРИДМАН
Химия твердого тела — новая наука и новая технология
Химические и физические процессы в твердой фазе позволяют на новой основе построить ряд высокоэффективных технологий. Получение полимеров, смешение композиций, измельчение материалов — вот далеко не полный перечень процессов, базирующихся на химии твердого тела

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА, МЕХАНИКА 285
ФИЗИКА 299
АСТРОНОМИЯ 305
КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 313
ХИМИЯ 325
БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА 329
НАУКИ О ЗЕМЛЕ 340
ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, ЭТНОГРАФИЯ 356
ФИЛОСОФИЯ И ПРАВО 382
ЭКОНОМИКА 389
ФИЛОЛОГИЯ 394

В этом году исполняется 70-я годовщина Великого Октября — самого выдающегося события XX века. В постановлении ЦК партии о подготовке к этому юбилею подчеркнута органическая связь свершений Октябрьской революции и нынешних, революционных по своему существу преобразований. А в Обращении к советскому народу Центральный Комитет призвал всех советских людей проникнуться чувством ответственности за будущий облик страны — на родину Октября смотрит весь мир. Социалистическая революция продолжается и углубляется — в этом смысл современного перелома истории.

Перестройка затрагивает все стороны нашей жизни и, в частности, науку. Решительный поворот к ней необходим для глубокой реконструкции народного хозяйства. Без опережающего развития поисковых, фундаментальных исследований и без энергичной материализации их результатов невозможна интенсивная экономика. «Тот, кто не опережает в научных идеях, — отмечалось на январском (1987 г.) Пленуме ЦК КПСС, — рискует отстать во всем. Так ставит вопрос наше время — время самых глубоких перемен в науке и технике, каких еще не знало человечество».

Ответом Академии наук СССР на требования времени стало состоявшееся в марте этого года ее годичное общее собрание. Впервые на таком заседании был заслушан доклад о приоритетных направлениях развития советской науки. В условиях коренной перестройки, — говорилось в нем, — фундаментальной науке необходимо долговременное прогнозирование и планирование. Только так при ограниченных ресурсах можно в кратчайший срок вывести страну на самые передовые рубежи научно-технического прогресса.

На собрании речь шла о перспективах исследований, особенно в тех отраслях знания, развитие которых замедлилось за последнее время, об организации науки, материальном и информационном ее обеспечении, кадровой политике. Широко были представлены также наиболее яркие результаты работы ученых — те направления, где мы опережаем в научных идеях или во всяком случае не уступаем никому, и те, что вносят весомый вклад в обновление экономики.

С некоторыми из этих результатов и направлений исследований знакомит ежегодник. И прежде всего здесь надо назвать радикальную реформу управления. В чем она состоит и как осуществляется, почему именно она занимает столь важное место в программе ускорения социально-экономического развития страны, — об этом пишет видный советский экономист академик А. Г. Аганбегян, избранный на годичном собрании академиком-секретарем отделения экономики.

К числу главных достижений машиноведов относятся гибкие производственные системы и адаптивные роботы для них — способные ориентироваться в окружающей обстановке, принимать решения и действовать в соответствии с ее изменениями. О таких роботах рассказывают член-корреспондент АН СССР Е. П. Попов и кандидат технических наук Г. В. Письменный.

Множество новых материалов, столь необходимых для прогресса техники, позволяет создавать новая наука — химия твердого тела. Не в газе или жидкости, как привычно для химиков, а в твердой фазе могут, оказывается, происходить разнообразные физические и химические процессы, которые стали основой новой технологии. Эта наука и технология — тема статьи академика Н. С. Ениколопяна и доктора химических наук М. Л. Фридмана.

Президент Академии наук БССР академик Н. А. Борисевич посвятил свой рассказ одной из удивительных областей физики и техники, позволяющей измерять сверхбыстрые процессы и создавать новые приборы, в которых нуждаются многие отрасли науки и практики.

Клеточная и генная инженерия растений, сегодня уже весьма перспективная для растениеводства, родилась из далекой, казалось бы, от насущных его запросов области биологии. О ней — статья зачинательницы этих исследований в нашей стране члена-корреспондента АН СССР Р. Г. Бутенко.

Заботу о духовном богатстве, культуре каждого человека и общества в целом партия ставит в ряд важных, приоритетных задач. Ведущие историки, археологи, этнографы, искусство- и литературоведы постоянно рассказывают на страницах ежегодника о путях развития общества, об истории народов, их культуры, искусства, верований. В этот том включена статья академика Б. А. Рыбакова «Язычество и Древняя Русь».

Статьи советских ученых, помещенные в ежегоднике, показывают, как велик потенциал нашей науки и как много она может дать для исторического дела перестройки.

Переломный характер нынешнего этапа истории ощущается и во всемирном масштабе: в конце второго тысячелетия время бросило человечеству небывалый вызов — во что бы то ни стало спасти планету от ядерной катастрофы, прекратить бессмысленную гонку вооружений, направить средства на решение серьезнейших глобальных и региональных проблем. Советский Союз последовательно борется за устранение нависшей угрозы: полтора года действовал наш односторонний мораторий на испытания ядерного оружия, выдвинуты мно-

гочисленные предложения по разоружению, по созданию атмосферы взаимопонимания и доверия. Первая страна социализма показала истинно человеческий пример нового политического мышления.

Наше государство постоянно выступает за международное сотрудничество во всех областях и много делает для его расширения. Немалую роль призваны сыграть здесь ученые. Вот лишь один пример.

В мае 1986 г. Академия Наук СССР заключила соглашение с Советом по защите природных ресурсов США о совместном эксперименте, цель которого — контроль на местах за непроведением ядерных испытаний. Верное своей миролюбивой политике, советское правительство создало наиболее благоприятные условия для ученых — уже через два месяца под Семипалатинском началась работа. Приборы четко регистрировали тишину на нашем полигоне и взрывы в Неваде. Значительно позже, но все же началась аналогичная работа в районе американского полигона. И хотя администрация США не присоединилась к советскому мораторию и вынудила СССР возобновить взрывы, хотя она пыталась помешать ученым, их эксперимент полностью сохраняет свое значение: непреложно доказано, что проблема контроля не может служить препятствием для прекращения испытаний.

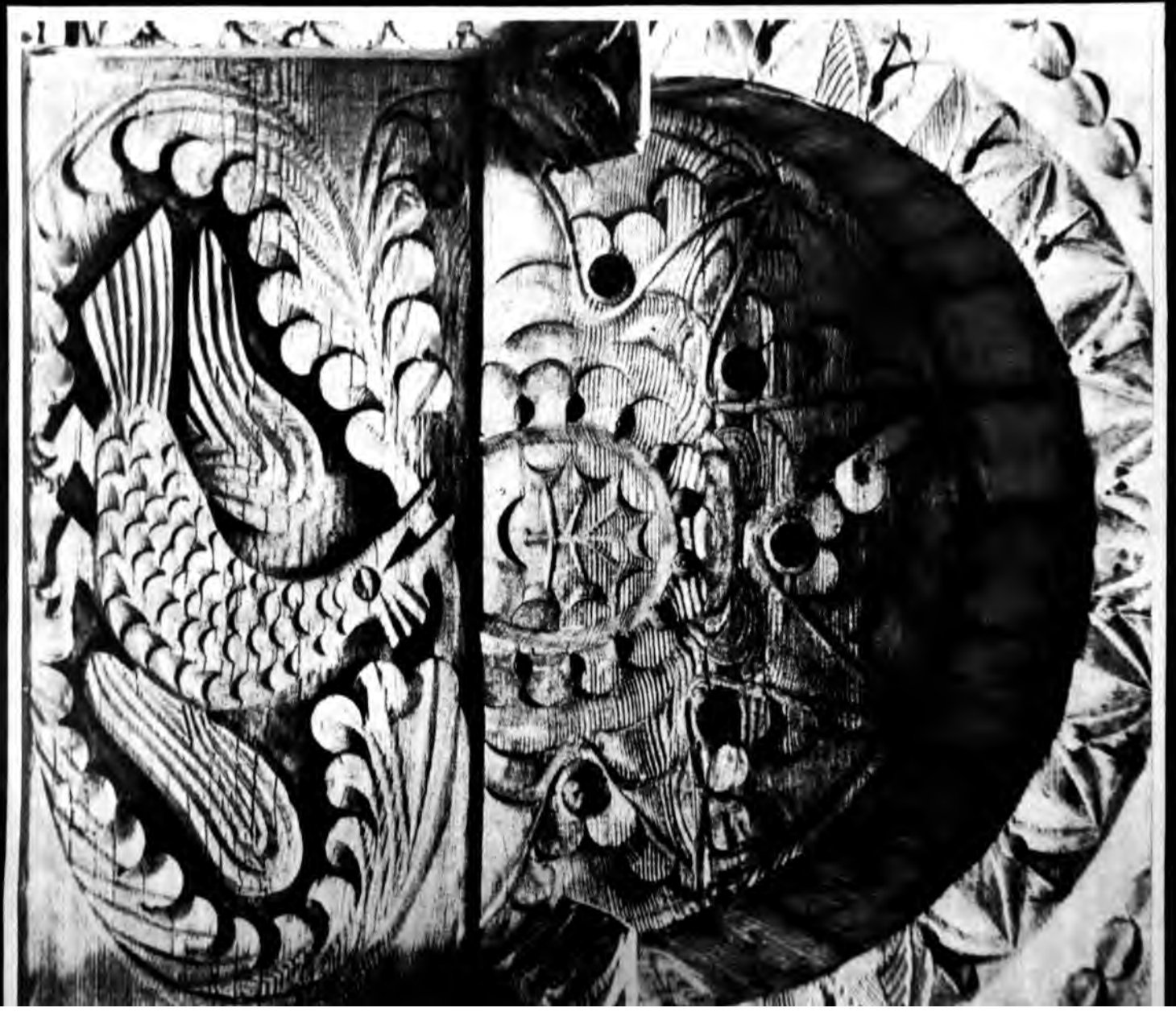
«Сейсмический контроль и проблема запрещения ядерных испытаний» — так называется одна из статей ежегодника. Ее авторы — заместитель директора Института физики Земли АН СССР доктор физико-математических наук М. Б. Гохберг, заведующий отделом того же института член-корреспондент АН Армянской ССР И. Л. Нерсесов, член Совета по защите природных ресурсов США доктор Т. Кохрен и профессор Калифорнийского университета Дж. Берджер — руководители эксперимента. Такое соавторство советских и зарубежных ученых, повествующих о совместной работе, — наиболее наглядная форма пропаганды мирного научного сотрудничества. В томе публикуются еще одна советско-американская статья — об исследовании сверхновых звезд и советско-чехословацкая — о новом методе лечения тяжелых заболеваний. Кроме того, в книге выступают известные деятели науки Австралии, Англии, ГДР, Греции, Польши, Чехословакии. В соответствии со своим девизом «Доступно и точно о главном в мировой науке» ежегодник освещает ее развитие во всех странах. Естественно, что наиболее полно в нем отражены (если говорить о зарубежной науке) достижения ученых социалистических государств.

Данный том ежегодника — 25-й. За четверть века на его страницах выступило около 600 крупнейших ученых — представителей всех континентов. Этот большой интернациональный коллектив авторов объединила одна идея: наука должна служить миру. Их рассказы составили своеобразную летопись познания и технического прогресса, служащих благу народов в наше самое бурное и противоречивое, самое динамичное за всю историю человечества время.

И еще одна знаменательная дата в нынешнем году — 40-летие Всесоюзного общества «Знание» — инициатора создания и главного издателя нашего ежегодника. Эта самая массовая организация советской интеллигенции, объединяющая более трех миллионов членов, несет трудящимся правдивое слово партии, активно участвует в их коммунистическом воспитании, с помощью лекций, брошюр и книг распространяет научные знания, помогает внедрению новинок техники и технологии, ведет большую работу по разъяснению принципов политики советского государства, по пропаганде наших достижений среди граждан зарубежных стран. Читатели, редакционная коллегия и редакция ежегодника поздравляют всех членов Общества и желают им новых успехов.

Неуклонно крепнут узы братской дружбы, связывающие Общество «Знание» с родственными организациями государств социалистического содружества. Одна из многих сфер сотрудничества с ними — совместный выпуск ежегодника «Наука и человечество». Первый его том вышел в СССР в 1962 г. А с 1965 г. началось его издание в ГДР, с 1971 г. — в Польше, с 1973 г. — в Чехословакии. Каждая редакция организует статьи ученых своей страны для всех братских изданий, остальные материалы предоставляет издательство «Знание». Так создается единый редакционный портфель, которым пользуются все участники этой работы. (Их число, кстати сказать, растет: отдельные сборники материалов ежегодника периодически выпускаются в Венгрии, готовится издание в Болгарии). Между издательствами «Знание» (СССР), «Урания» (ГДР), «Ведза повшехна» (ПНР), «Горизонт» (ЧССР) действуют прямые связи. В руководстве каждым из этих изданий самое активное участие принимают общества по распространению знаний и академии наук. Поэтому с полным правом можно сказать, что все издания ежегодника представляют собой результат коллективных усилий ученых, пропагандистов и издателей названных стран.

Сообща мы популяризуем успехи науки, социалистическую интеграцию в этой области, укрепление международного сотрудничества ученых Земли во имя мира и прогресса.



ЧЕЛОВЕК

Человек должен верить, что непонятное можно понять; иначе он не станет размышлять о нем.

Гёте

А. А. АДАМЯН, Я. КАЛАЛ
Искусственные эмболы останавливают кровотечение

Дж. ФАРРАНТ
Культура лимфоцитов — модель иммунитета

М. ДАБРОВСКИЙ
Тимус — источник новых лекарств

Б. А. РЫБАКОВ
Язычество и Древняя Русь

Д. МАНИА
Бильцингслебен — стоянка первобытного человека

Арнольд Арамович АДАМЯН
(р. 1935) — хирург, доктор медицинских наук, руководитель лаборатории перевязочных, шовных и полимерных материалов в хирургии Института хирургии имени А. В. Вишневского АМН СССР.
В 1960 окончил Ереванский государственный медицинский институт. С 1962 работает в Институте хирургии имени А. В. Вишневского АМН СССР. В 1965 защитил кандидатскую диссертацию, в 1970 — докторскую.
Разработал методы диагностики и лечения периферического рака легкого, принципы хирургического лечения больных пожилого и старческого возраста.
Его научные работы посвящены актуальным вопросам хирургии легких, средостения, применению различных полимерных материалов в пластической и восстановительной хирургии.
Автор более 130 печатных работ, в том числе 4 монографий. Председатель проблемной комиссии «Общая и частная герохирургия» Научного совета по геронтологии и гериатрии АМН СССР. Руководитель с советской стороны темы «Создание полимерных имплантатов с лечебными и рентгеноконтрастными свойствами для восстановительной хирургии» в рамках советско-чехословацкого сотрудничества в области медицины.

Ярослав КАЛАЛ (KÁLAL)
(р. 1930) — чехословацкий химик, доктор химических наук, профессор, заместитель директора и руководитель научного отдела специальных полимеров Института макромолекулярной химии Чехословацкой Академии наук. В 1952 окончил Химико-технологический институт в Праге. В 1956 защитил кандидатскую диссертацию, в 1972 — докторскую.
Его научные работы посвящены химии и технологии создания полимерных дисперсий и мембран, водорастворимых полимеров, а также полимеров с управляемой скоростью деструкции.
Автор около 200 печатных работ и более чем 50 изобретений.
Я. Калал активно работает в комитетах СЭВ по проблеме лекарственных полимеров, возглавляет экспертную группу в рамках многостороннего сотрудничества академий социалистических стран. Руководитель с чехословацкой стороны темы «Создание полимерных имплантатов с лечебными и рентгеноконтрастными свойствами для восстановительной хирургии» в рамках чехословацко-советского сотрудничества в области медицины.

А. А. АДАМЯН, Я. КАЛАЛ

Искусственные эмболы останавливают кровотечение

Закупорка кровеносного сосуда, обычно чреватая тяжелыми последствиями, может, оказывается, быть и спасительным методом лечения, например, уменьшить опасность потери крови или предотвратить ее. Для этого служат искусственные эмболы из гидрогеля — нового полимера, созданного в Чехословакии и успешно применеипого в совместной работе с советскими учеными

В практической медицине нередки ситуации, когда обычные методы остановки кровотечений или невозможны, или сопряжены с проведением сложных операций, порой с риском для жизни больного. Иногда даже успешно выполненные хирургические вмешательства не останавливают кровотечение. Все известные хирургические методы предполагают воздействие на сосуд извне (перевязка, электрокоагуляция сосуда, иссечение кровоточащего участка или даже удаление целого органа). Однако они (вернее, большинство из них) не всегда выполнимы при тяжелом состоянии больного. Постоянный поиск более эффективных методов остановки кровотечений привел хирургов к оригинальной идее щадящего эндоваскулярного, т. е. внутрисосудистого перекрытия русла кровоточащего сосуда с помощью искусственных частиц — эмболов. Введение их в просвет сосуда оказалось очень эффективным воздействием на кровоток.

Новое направление сразу вызвало большой интерес медиков. Эмболия — закупорка сосуда случайно занесенными током крови капельками жира, частичками кальция, сгустками крови, пузырьками воздуха — всегда была одним из наиболее опасных осложнений при травмах и некоторых заболеваниях. Искусственная эмболизация, в сущности, обратила этот процесс на пользу больному. Причем в отличие от эмболии при лечебной эмболизации, что крайне важно, закрывают просвет лишь тех сосудов (например, питающих опухоль или вызывающих кровотечение), для которых это допустимо.

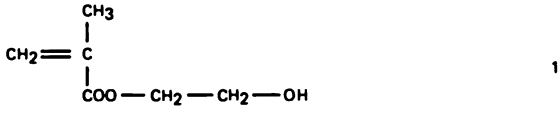
С внедрением метода в практику постепенно стали вырисовываться, а точнее, расширяться, показания к его применению. Подробнее об этом мы расскажем ниже, а сейчас заметим лишь, что помимо кровотечений эмболизация оказалась оправданной, например, при предоперационной подготовке перед удалением сосудистых опухолей или различных органов. Иногда, если операция невозможна, эмболизация сама по себе действенная лечебная процедура.

Одновременно с решением клинических задач постоянно шел поиск оптимального окклюзирующего (закупоривающего) материала. Примененные для эмболизации различными хирургами частички фибрина (одного из белков крови), гемостатических (кровоостанавливающих) губок, коллагена, желатины, войлока из тефлона и даже металлические пружины проявили не только положительные, но и отрицательные качества, помешавшие всеобщему их признанию и широкому внедрению. Дело в том, что эмболы, как любой другой материал для имплантации, должны отвечать ряду требований. Основное — их «медицинская чистота», отсутствие низкомолекулярных примесей, способных оказать на организм вредное воздействие. Кроме того, материал должен быть биосовместим, т. е. вызывать минимальную воспалительную реакцию, не оказывать общего токсического, канцерогенного, аллергизирующего действия и обладать высокой устойчивостью к воздействию внутренней среды живого организма.

С этих позиций весьма удачным для медицины оказался гидрогель, или, точнее, поли-2-гидроксиэтилметакрилат. Ранее он уже нашел применение как материал для контактных линз. Но для эмболизирующего средства требовались совершенно иные, специфические качества, такие, как гемосовместимость, пористость, способность усиливать тромбообразование, увеличивать объем в контакте с кровью, удерживать рентгенконтрастные вещества и лекарства. Кроме того, эмболы из гидрогеля должны выдерживать стерилизацию и сохранять целостность при введении их в кровеносное русло.

Эмболы с необходимыми качествами на основе гидрогеля были созданы совместными усилиями сотрудников Института хирургии имени А. В. Вишневского АМН СССР, Института макромолекулярной химии ЧСАН и Института химической физики АН СССР.

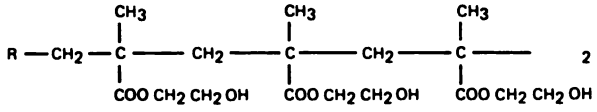
Получается гидрогель при реакции полимеризации мономера 2-гидроксиэтилметакрилата:



1

Запускают реакцию свободные радикалы, возникающие при распаде подходящей перекиси — инициатора полимеризации.

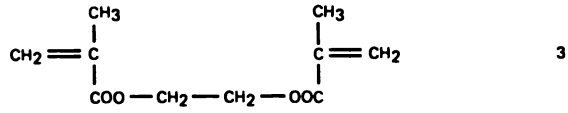
Полимер можно описать следующей формулой:



2

где R — остаток инициатора.

Полимер для медицинских целей имеет еще более сложное строение, так как линейные молекулы (2) «сшивают» специальным веществом — гликольдиметакрилатом:



3

При проведении полимеризации в присутствии небольшого его количества получается гидрогель из сшитых, пространственно связанных молекул. Сшитый полимер в отличие от линейного ни в чем не растворяется, однако он может набухать в подходящих растворителях, образуя гелеобразную массу.

При получении гидрогеля для эмболов растворителем служит вода. Полимер в обезвоженном состоянии (так называемый ксерогель) очень напоминает обыкновенный плексиглас или стекло с характерными для них прозрачностью, твердостью и хрупкостью. Как только такой материал приходит в соприкосновение с водой, он начинает набухать, так как гидрофильные группы (обладающие сродством к воде) в молекуле полимера помогают воде проникать, диффундировать внутрь полимерной массы. Это явление напоминает набухание желатины в воде. Набухание сопровождается увеличением массы, объема и размеров изделия, оно становится мягким, эластичным и в то же время менее прочным.

Надо отметить, что поли-2-гидроксиэтилметакрилат в воде не растворяется даже тогда, когда он химически не сшит. Дело в том, что молекула гидрогеля состоит из двух частей: кроме гидрофильной, представленной в первую очередь гидроксильными группами, есть еще гидрофобная, не имеющая сродства к воде. А гидрофобные части полимерных цепей, как правило, притягиваются друг к другу, поддерживая прочность структуры. При этом вода проникает и разрыхляет структуру полимерных цепей, но не настолько, чтобы произошло распределение молекул полимера среди молекул воды. Если на каждую структурную единицу приходилось бы больше гидроксильных групп, полимер, набухая, в конечном счете растворился бы в воде. Таким образом, изменяя количество и свойства гидрофобных и гидрофильных групп в молекуле полимера за счет подбора подходящих химических структур, можно регулировать степень его набухания в воде, консистенцию и механические свойства.

Интересно, что хотя поли-2-гидроксиэтилметакрилат — полимер синтетического происхождения, он обладает многими свойствами природных гидрофильных полимеров (например, белков). Но несмотря на известное сходство с ними, он не гидролизуется, т. е. не вступает в химическую реакцию с водой, как, например, некоторые пластмассы и резины. Его структура устойчива к действию микроорганизмов и ферментов. Поэтому он не изменяется в организме в течение многих лет. Кроме этих преимуществ, синтетический полимер не токсичен и хорошо совмещается с биологической средой.

Гидрогель был изобретен в Чехословакии. Первое его применение связано с производством мягких контактных линз косметического и терапевтического назначения. Он разрешен для протезирования в челюстно-лицевой, торакальной (на грудной клетке), сердечно-сосудистой хирургии. Его используют также для инкапсулирования зерен активированного угля или синтетической резины при гемосорбции — экстракорпоральном удалении токсических веществ из крови. Конечно, покрытие поверхности зерен сорбента гидрогелем несколько снижает их сорбционные возможности, однако при этом значительно возрастает безопасность метода, так как в этом случае применяется гидрогель, способный снижать тромбогенность материала.

Гемосовместимость (рис. 1) и хорошая биосовместимость полимера связаны, вероятно, с его гидрофильными свойствами, которые обеспечивают диффузию в него воды и тканевой жидкости (при условии, что молекулы их не слишком велики). Кроме того, они связаны с избирательной сорбцией белков на поверхности материала. Эти качества полимера имеют отношение к характеру взаимодействия его с кровью.

Известно, что шероховатые поверхности вызывают образование тромбов гораздо чаще, чем гладкие. Например, молекулы белка, проникая в поры эмбола, содействуют его фиксации в сосуде. Поэтому, получая гидрогель для синтети-

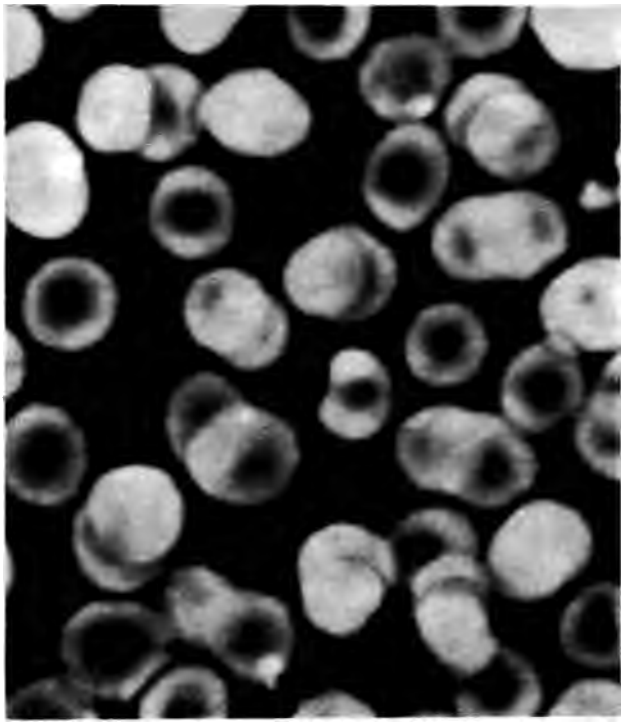


Рис. 1. Клетки крови (эритроциты) после контакта с эмболами из гидрогеля. Форма и размеры клеток не изменены, что свидетельствует о хорошей совместимости с ними гидрогеля. Окраска по Романовскому. Увеличение более чем в 900 раз

ческого эмбола, материалу придают шероховатую поверхность. В частности, полимеризацию проводят в присутствии или сшивающего агента, или в такой комбинации органических реагентов, которые, растворяя мономер, не растворяют полимер. С ростом концентрации полимера происходит разделение фаз. При этом возникает пористый полимер или даже полимер в виде отдельных, чаще шарикообразных, частиц. Более простой метод получения пористой структуры состоит в проведении реакции в присутствии мелких одинаковых кристаллов инертного вещества, которые после полимеризации вымывают.

Очень важный этап получения изделий — отмывка их от невступивших в реакцию мономеров. Дело в том, что именно эти растворимые в воде молекулы обладают нежелательной физио-

Рис. 2. Шарообразные и цилиндрические эмболы из гидрогеля

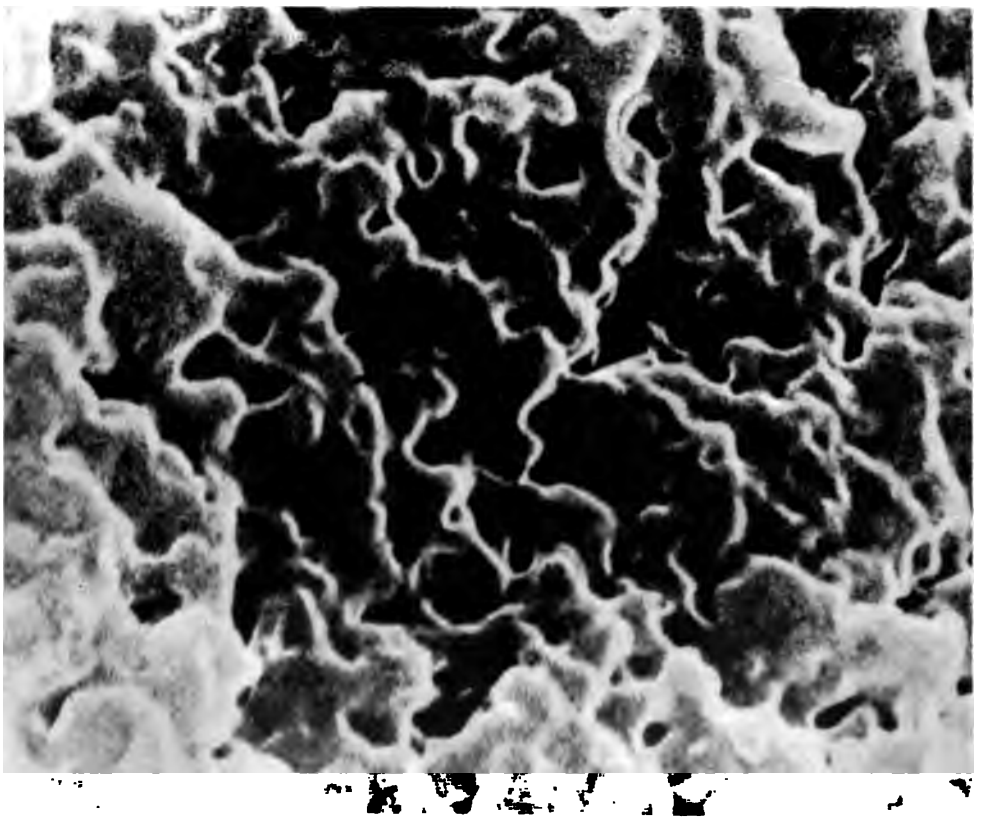


Рис. 3. Электронно-микроскопическая фотография поверхности эмбола. Увеличение в 1000 раз

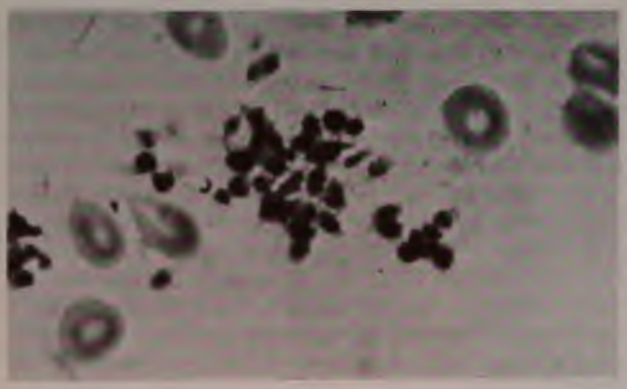


Рис. 6. Микрофотография ветви бронхиальной артерии, заполненной эмболами из гидрогеля, через 2 дня после их введения. Стенка сосуда истончена вследствие растягивания ее эмболами. Воспалительные, деструктивно-дистрофические изменения в ней отсутствуют. В промежутках между отдельными эмболами видны прожилки свернувшейся крови. Окраска гематоксилином и эозином

Рис. 7. Микрофотография поперечного среза бронхиальной артерии через 2 года после ее эмболизации. Просвет артерии заполнен эмболами. Проходимость ее не восстановилась, а значит, исключена и опасность повторного кровотечения. Окраска гематоксилином и эозином

Рис. 4. Макроагрегат тромбоцитов (в центре) — первичная реакция крови на введение эмболов. Окраска по Романовскому. Увеличение в 900 раз

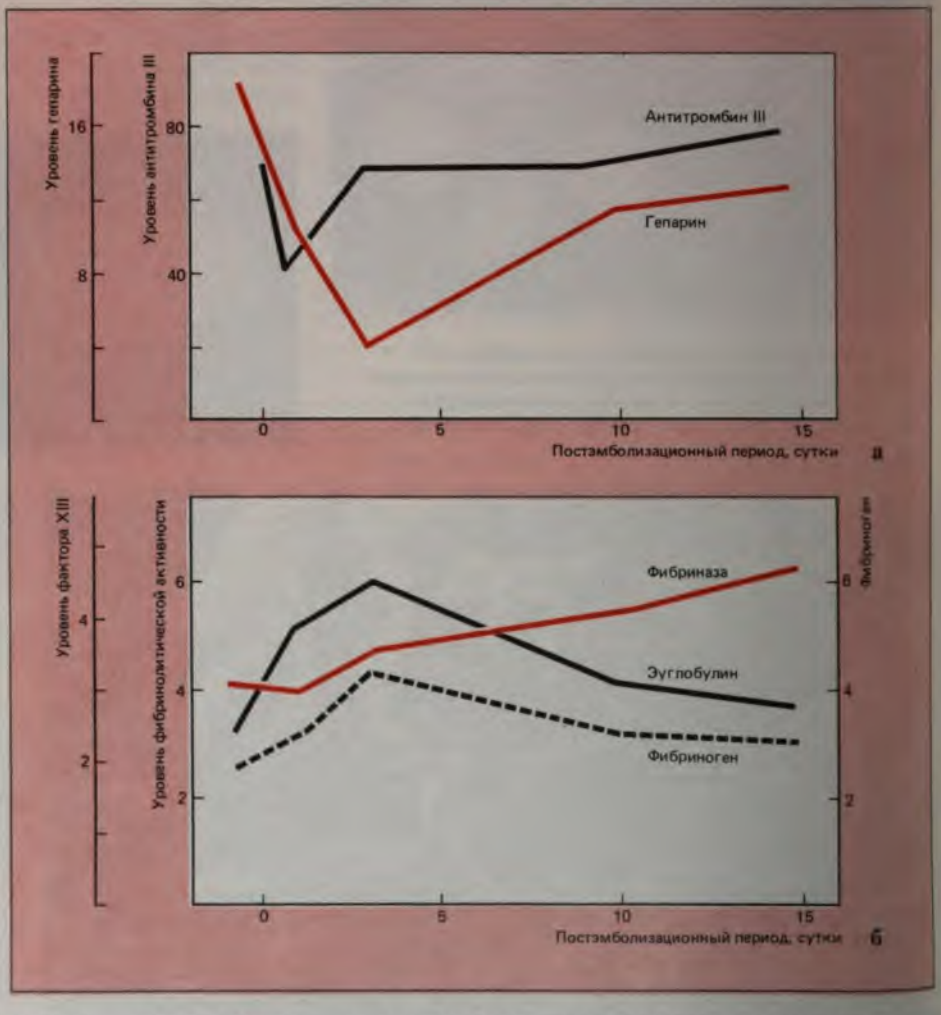


Рис. 5. Изменение уровней (количества и активности) различных веществ крови (факторов), ответственных за процессы коагуляции. Уровень каждого фактора определяется по особой методике в условных единицах. Рисунок демонстрирует реакцию антисвертывающей *(а)* и свертывающей *(б)* систем крови на эмболизацию

логической активностью и они — единственная возможная причина связанных с гидрогелем осложнений. Время очистки изделий из гидрогеля зависит от их объема и массы, а качество и чистоту изделий контролируют физико-химическими методами, позволяющими точно судить и о медицинской чистоте изделия.

Чем шире гидрогельные эмболы внедрялись в клиническую практику и подтверждалась их ценность, тем больше ощущалась потребность наделить их еще одним немаловажным качеством — рентгеноконтрастностью. Оно позволило бы без дополнительных контрастных веществ точно контролировать местонахождение эмболов при их введении и в отдаленные сроки наблюдения за больным. Получить эмболы, обладающие рентгеноконтрастными свойствами, оказалось довольно сложной проблемой. Наметилось несколько путей, ведущих к цели. Можно, например, проводить полимеризацию в присут-

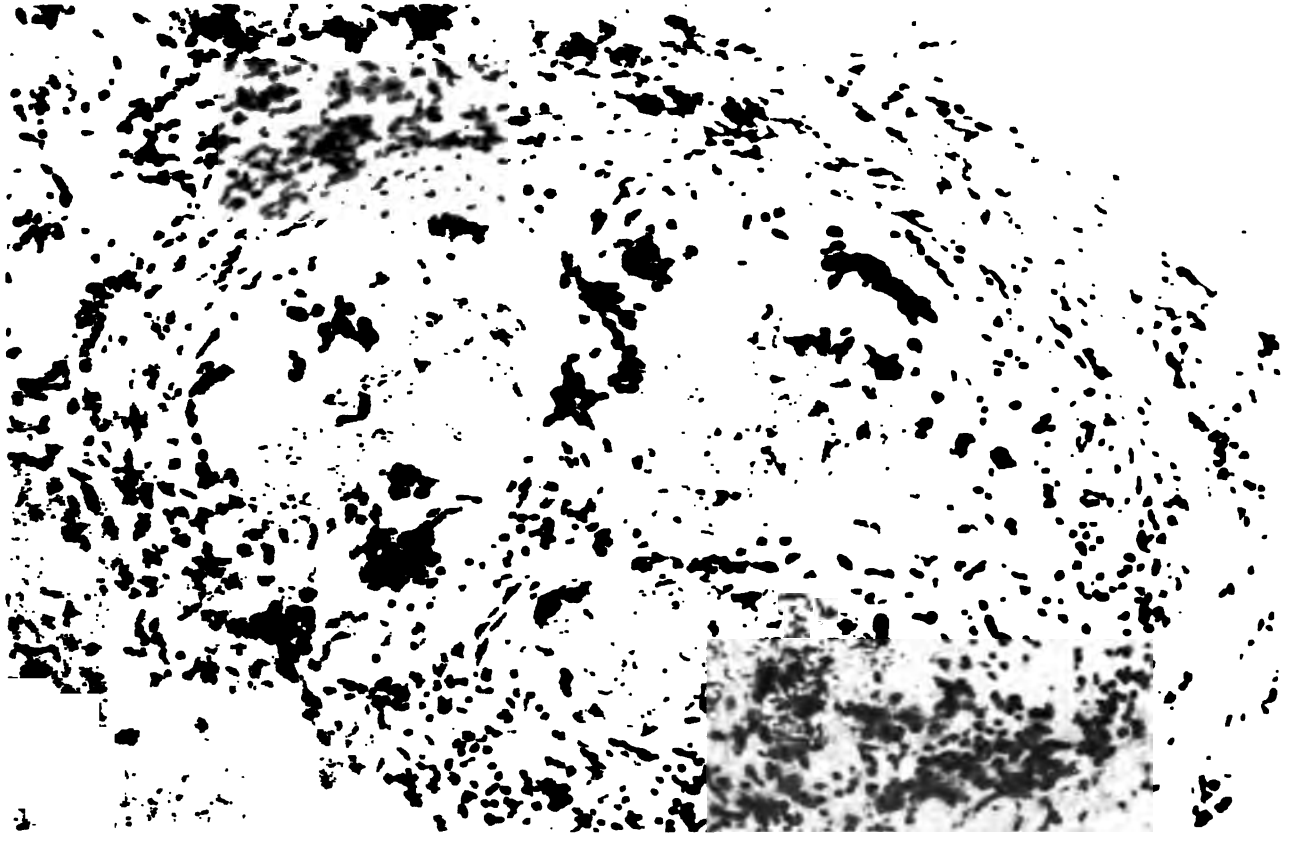


Рис. 8. Рентгенограмма кисти больного после эмболизации локтевой и лучевой артерий рентгеноконтрастными цилиндрическими эмболами. Они отчетливо видны на снимке

Рис. 9. Выполнение закрытой селективной эмболизации в условиях рентгеновской операционной, оснащенной телеустановкой

ствии 1-амино-2, 4, 6-трийодбензилмасляной кислоты, которая обладает рентгеноконтрастностью, а затем при отмывке мономера осадить нерастворимую в воде кислоту в порах полимерного изделия. Или сополимеризовать 2-гидроксиэтилметакрилат с производными этой кислоты, т. е. включить их в структуру полимера. Эту реакцию можно осуществить на уже полученных эмболах. Иногда удобно осадить внутри пористой массы эмболов мелкие нерастворимые в воде частицы йодида серебра, которые также придают полимеру рентгеноконтрастные свойства.

Эмболы, применяемые в медицине, как правило, представляют собой шарики диаметром от 0,05 мм до 1,5 мм или цилиндры разной толщины (0,5—4 мм) и длины (рис. 2). Эмболы всегда обладают губчатой структурой (рис. 3). Поры в них занимают около 50—60% по объему, причем величину и форму пор можно регулировать.

Исследованиями было установлено, что лечебная эмболизация в первые сутки вызывает гиперкоагуляционную реакцию, т. е. резко увеличивает свертываемость крови. Сразу после введения эмболов повышается агрегация тромбоцитов (рис. 4), затем активируются и другие факторы. Происходит это за счет дезактивации антисвертывающей (рис. 5а) и активации свертывающей (рис. 5б) систем крови. Гиперкоагуляция возрастает до третьих-пятых суток, затем ослабевает и нормализуется на 10—15-й день после эмболизации.

Существенно то, что активация тромбообразующих факторов наблюдается даже у больных с гипокоагуляционными нарушениями свертывающей системы, у которых кровотечения носят особенно угрожающий характер.

Введенные в сосуд эмболы набухают и тем самым создают стойкий закупоривающий эффект. Несмотря на плотное прилегание набухающих эмболов к стенке сосуда, они не оказывают на нее раздражающего и повреждающего действия (рис. 6). Параллельно с гиперкоагуля-

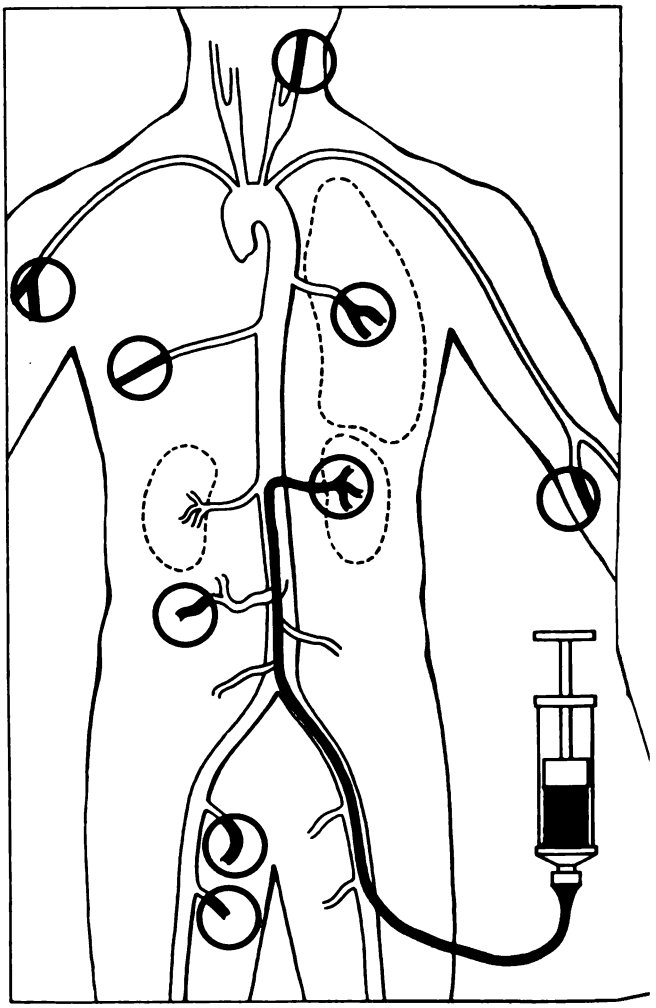


Рис. 10. Схема введения в сосудистое русло катетера для закрытой селективной эмболизации. Отмечены участки, которые чаще всего подвергаются окклюзии (искусственной закупорке) сосудов

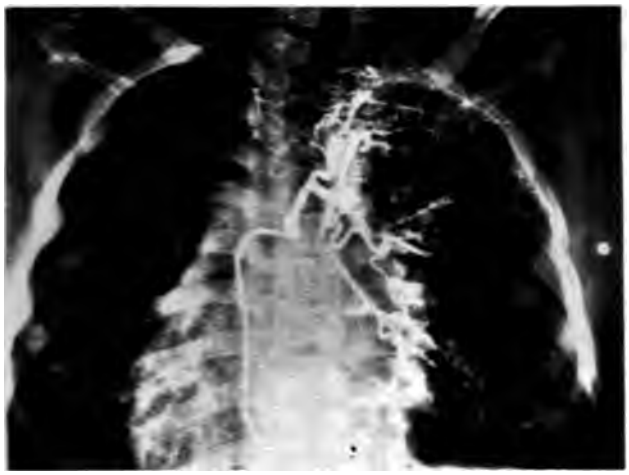


Рис. 11. Ангиограмма межреберного артериального ствола у больного тетрадой фалло (врожденным сложным пороком сердца) и с аномальным правосторонним расположением сердца. Видна расширенная извитая сеть коллатеральных сосудов, т. е. тех, по которым кровь движется в обход основного русла

Рис. 12. Контрольная ангиограмма того же больного после эмболизации. Коллатеральные сосуды не видны, так как закупорены эмболами

Рис. 13. Ангиограмма задней большеберцовой артерии при ангиоме (сосудистой опухоли) стопы

Рис. 14. Контрольный снимок артерии задней большеберцовой артерии того же больного после успешной эмболизации. Сеть расширенных извитых сосудов ангиомы отсутствует

ционной реакцией происходит адсорбция белков крови на поверхности эмбола, что усиливает процесс местного тромбообразования. Со временем тромб прорастает соединительной тканью, проникающей также в поры эмбола. В результате, и это крайне важно, исключается восстановление проходимости эмболизированного сосуда и тем самым повторные кровотечения (рис. 7).

Новое поколение рентгеноконтрастных эмболов значительно облегчает лечебную процедуру. Для контроля за локализацией эмболов в просвете сосуда не нужны посторонние жидкие контрастные вещества. Значительно проще наблюдать за динамикой их движения (рис. 8). Кроме того, рентгеноконтрастные эмболы с йодидом серебра обладают еще антимикробным действием. Это свойство исключает возможность местного инфицирования тканей вокруг эмболов и увеличивает их эффект.

Создание искусственных эмболов дало новый скачок в лечении болезней, основная причина которых — нарушение кровообращения. Окклюзирующие сосуд эмболы, прерывая кровоток, прекращают кровотечение внутри органа или закрывают патологические межсосудистые соустья при ангиодисплазиях*. Эмболизация нашла применение и при опухолях почек, в тех случаях, когда операция невозможна, при травматических повреждениях таза, послеродовых кровотечениях, а также при предоперационной подготовке для уменьшения кровенаполнения удаляемого органа или сосудистой опухоли.

* Ангиодисплазия (ангио — сосудистый) — нарушение развития сосудистого русла, часто приводящее к появлению ангиом — доброкачественных сосудистых опухолей *Ред.*

Разработано два вида лечебной эмболизации: закрытый селективный и открытый интраоперационный. Эти методы не конкурируют друг с другом, применяются каждый по своим показаниям, а иногда даже сочетаются в лечении одного и того же больного.

При закрытом селективном методе эмболизацию проводят в специальной рентгеновской операционной, снабженной электронно-оптическим преобразователем с телевизионным устройством (рис. 9). Выполняют ее с помощью катетера, введенного в сосудистую систему через бедренную артерию (рис. 10). После введения выполняют ангиографию*, чтобы определить характер поражения сосудов и локализацию источника кровотечения (рис. 11), а также уточнить положение катетера в просвете сосуда. Затем через катетер вводят эмболы, взвешенные в физиологическом растворе, до полной окклюзии (перекрытия просвета) сосуда. Завершают процедуру контрольной ангиографией, уточняя локализацию конгломерата эмболов (рис. 12) и эффект их воздействия.

При открытой (интраоперационной, одновременно с хирургическим вмешательством) эмболизации, широко применяемой при лечении ангиодисплазий конечностей (рис. 13, 14), тазового пояса и органов таза, а также ангиодисплазиях лица, эмболы вводят через специальный шприц в обнаженный при операции приводящий (по отношению к ангиоме) магистральный сосуд (рис. 15). Особенно целесообразна открытая интраоперационная эмболизация при наличии в ангиоме (сосудистой опухоли) больших артериовенозных соустий, через которые эмболы могут попасть в венозное русло. Проведение открытой эмболизации и зрительный контроль процесса исключают подобное осложнение.

Теперь, когда со времени выполнения первой в СССР транскатетерной эмболизации бронхиальных артерий прошло более 9 лет (М. И. Кузин, Ю. Д. Волынский и др.) и в Институте хирургии имени А. В. Вишневского АМН СССР накоплен опыт эндоваскулярной (изнутри) эмболизации сосудов у нескольких сотен больных, можно обсудить результаты ее применения в различных областях хирургии. Эмболизация эффективна при лечении заболеваний легких, сопровождающихся кровотечениями. В таких случаях больным требуется срочная операция, не всегда выполнимая при тяжелом состоянии. В отдельных случаях летальный исход от кровотечения может опередить хирургическую помощь. Отметим, что по данным международной статистики заболевания органов дыхания по частоте занимают третье место после болезней сердечно-сосудистой системы,

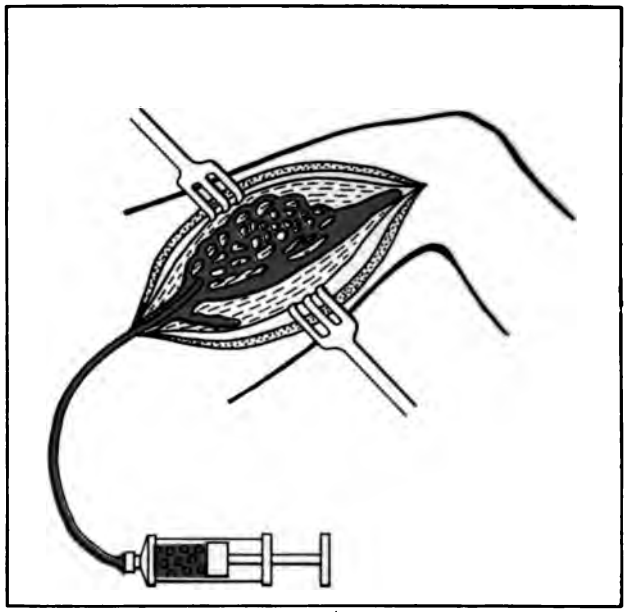


Рис. 15. Схема открытой интраоперационной эмболизации при ангиоме бедра. Катетер введен в приводящий к ангиоме сосуд

онкологических поражений и нередко приводят к инвалидности. Значение метода лечебной эмболизации особенно велико при двусторонних и обширных процессах в обоих легких, при легочной гипертензии (повышенном давлении), при таких опухолях легких, когда операция невозможна. Например, в одном из наших наблюдений больному раком легкого после остановки кровотечения в течение трех лет периодически успешно проводили химиотерапевтическое лечение.

До настоящего времени в хирургии остро стоит вопрос о лечении ангиодисплазий нижних конечностей и таза. Эти тяжелые врожденные поражения периферической сосудистой системы нарушают кровообращение органов, вызывают гигантизм конечностей, боли, утомляемость, развиваются длительно незаживающие трофические язвы и ухудшается деятельность сердечно-сосудистой системы. При ангиодисплазиях

СТО ЛЕТ НАЗАД

Английский невропатолог У. Говерс совместно с В. Хорсли впервые успешно провел операцию по удалению опухоли мозга.

Французский физик и физиолог Ж. Д'Арсонваль, основоположник физиотерапии, проводит физико-физиологические исследования воздействия электрических токов высокой частоты на животный организм. Эти работы послужили основой предложенного позднее метода электролечения, названного дарсонвализацией.

* Ангиография — рентгенологическое исследование сосудов после введения в них контрастных веществ. — *Ред.*

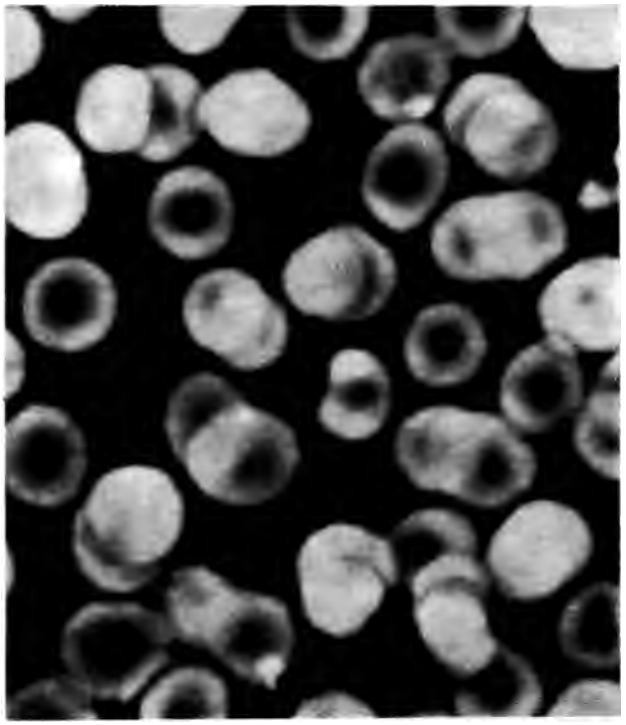


Рис. 1. Клетки крови (эритроциты) после контакта с эмболами из гидрогеля. Форма и размеры клеток не изменены, что свидетельствует о хорошей совместимости с ними гидрогеля. Окраска по Романовскому. Увеличение более чем в 900 раз

ческого эмбола, материалу придают шероховатую поверхность. В частности, полимеризацию проводят в присутствии или сшивающего агента, или в такой комбинации органических реагентов, которые, растворяя мономер, не растворяют полимер. С ростом концентрации полимера происходит разделение фаз. При этом возникает пористый полимер или даже полимер в виде отдельных, чаще шарикообразных, частиц. Более простой метод получения пористой структуры состоит в проведении реакции в присутствии мелких одинаковых кристаллов инертного вещества, которые после полимеризации вымывают.

Очень важный этап получения изделий — отмывка их от невступивших в реакцию мономеров. Дело в том, что именно эти растворимые в воде молекулы обладают нежелательной физио-

Рис. 2. Шарообразные и цилиндрические эмболы из гидрогеля

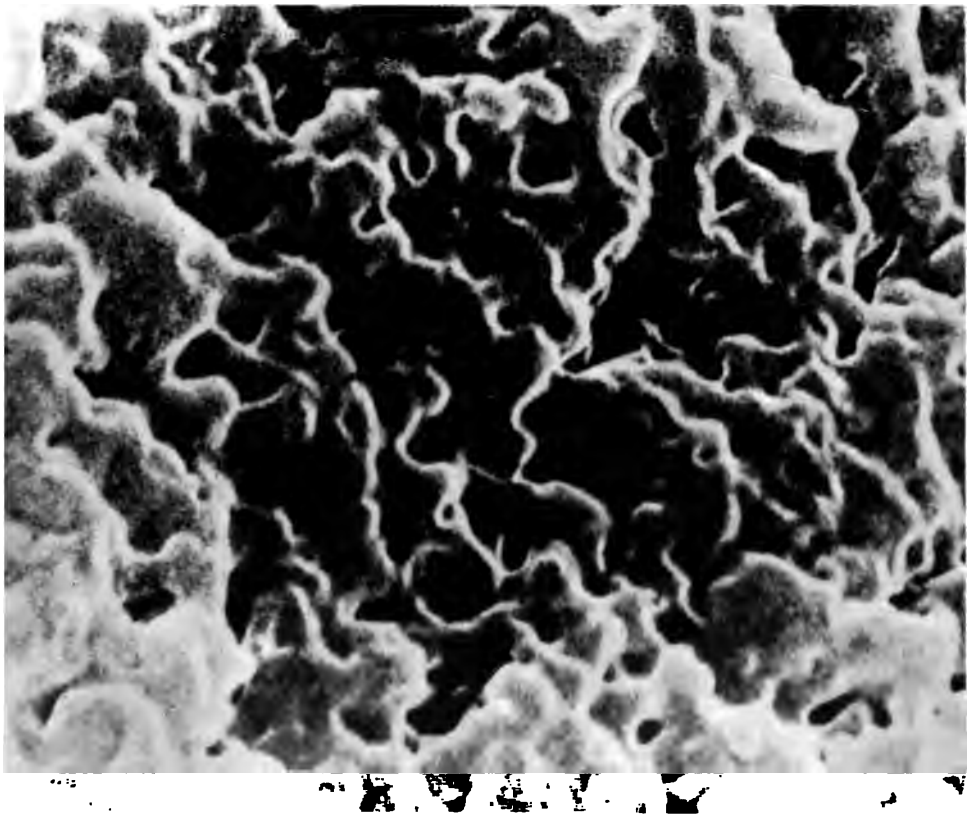


Рис. 3. Электронно-микроскопическая фотография поверхности эмбола. Увеличение в 1000 раз

Разработано два вида лечебной эмболизации: закрытый селективный и открытый интраоперационный. Эти методы не конкурируют друг с другом, применяются каждый по своим показаниям, а иногда даже сочетаются в лечении одного и того же больного.

При закрытом селективном методе эмболизацию проводят в специальной рентгеновской операционной, снабженной электронно-оптическим преобразователем с телевизионным устройством (рис. 9). Выполняют ее с помощью катетера, введенного в сосудистую систему через бедренную артерию (рис. 10). После введения выполняют ангиографию*, чтобы определить характер поражения сосудов и локализацию источника кровотечения (рис. 11), а также уточнить положение катетера в просвете сосуда. Затем через катетер вводят эмболы, взвешенные в физиологическом растворе, до полной окклюзии (перекрытия просвета) сосуда. Завершают процедуру контрольной ангиографией, уточняя локализацию конгломерата эмболов (рис. 12) и эффект их воздействия.

При открытой (интраоперационной, одновременно с хирургическим вмешательством) эмболизации, широко применяемой при лечении ангиодисплазий конечностей (рис. 13, 14), тазового пояса и органов таза, а также ангиодисплазиях лица, эмболы вводят через специальный шприц в обнаженный при операции приводящий (по отношению к ангиоме) магистральный сосуд (рис. 15). Особенно целесообразна открытая интраоперационная эмболизация при наличии в ангиоме (сосудистой опухоли) больших артериовенозных соустий, через которые эмболы могут попасть в венозное русло. Проведение открытой эмболизации и зрительный контроль процесса исключают подобное осложнение.

Теперь, когда со времени выполнения первой в СССР транскатетерной эмболизации бронхиальных артерий прошло более 9 лет (М. И. Кузин, Ю. Д. Волынский и др.) и в Институте хирургии имени А. В. Вишневского АМН СССР накоплен опыт эндоваскулярной (изнутри) эмболизации сосудов у нескольких сотен больных, можно обсудить результаты ее применения в различных областях хирургии. Эмболизация эффективна при лечении заболеваний легких, сопровождающихся кровотечениями. В таких случаях больным требуется срочная операция, не всегда выполнимая при тяжелом состоянии. В отдельных случаях летальный исход от кровотечения может опередить хирургическую помощь. Отметим, что по данным международной статистики заболевания органов дыхания по частоте занимают третье место после болезней сердечно-сосудистой системы,

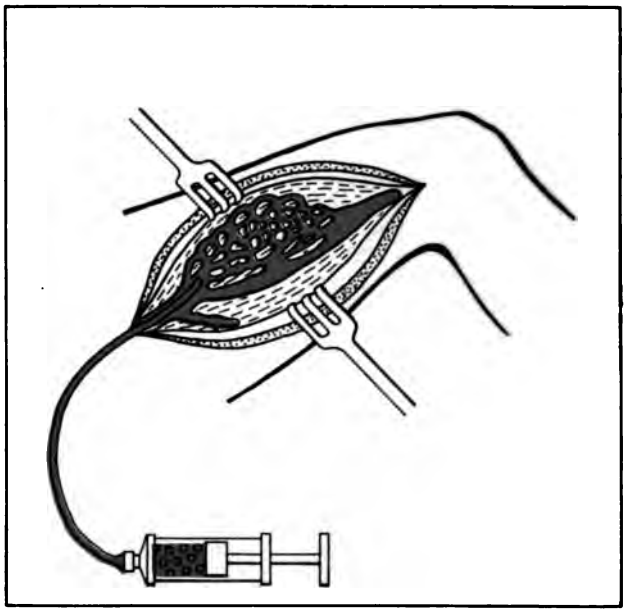


Рис. 15. Схема открытой интраоперационной эмболизации при ангиоме бедра. Катетер введен в приводящий к ангиоме сосуд

онкологических поражений и нередко приводят к инвалидности. Значение метода лечебной эмболизации особенно велико при двусторонних и обширных процессах в обоих легких, при легочной гипертензии (повышенном давлении), при таких опухолях легких, когда операция невозможна. Например, в одном из наших наблюдений больному раком легкого после остановки кровотечения в течение трех лет периодически успешно проводили химиотерапевтическое лечение.

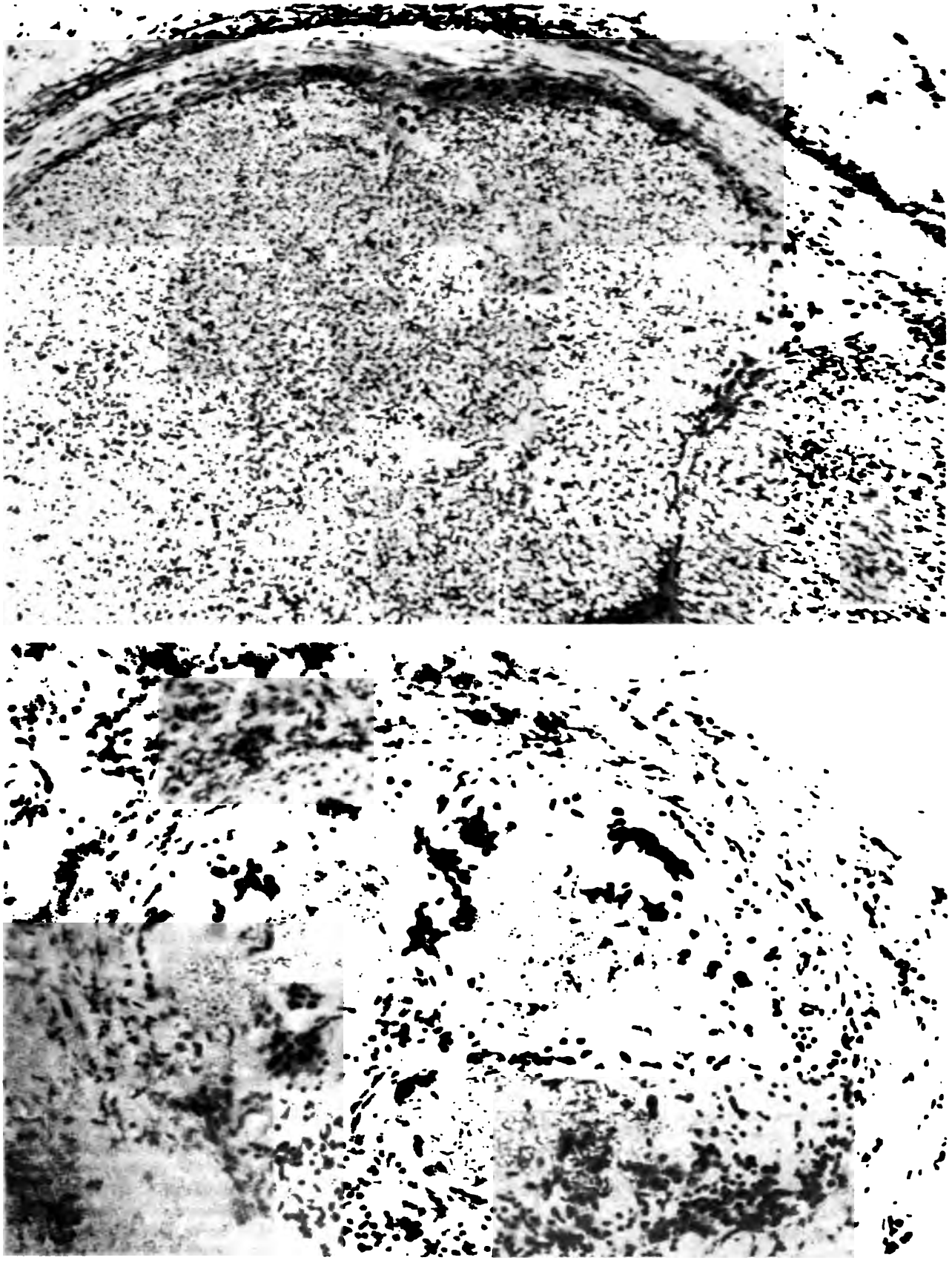
До настоящего времени в хирургии остро стоит вопрос о лечении ангиодисплазий нижних конечностей и таза. Эти тяжелые врожденные поражения периферической сосудистой системы нарушают кровообращение органов, вызывают гигантизм конечностей, боли, утомляемость, развиваются длительно незаживающие трофические язвы и ухудшается деятельность сердечно-сосудистой системы. При ангиодисплазиях

* **Ангиография** — рентгенологическое исследование сосудов после введения в них контрастных веществ. — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

Английский невропатолог У. Говерс совместно с В. Хорсли впервые успешно провел операцию по удалению опухоли мозга.

Французский физик и физиолог Ж. Д'Арсонваль, основоположник физиотерапии, проводит физико-физиологические исследования воздействия электрических токов высокой частоты на животный организм. Эти работы послужили основой предложенного позднее метода электролечения, названного дарсонвализацией.



Джон ФАРРАНТ (Farrant)
(р. 1936) — английский медик, доктор философии, сотрудник отдела иммунологической медицины Центра клинических исследований в Хэрроу (Англия). Получил диплом фармаколога в Лондонском университете, а затем — степень доктора наук за исследования в области фармакологии. В 1962 стал научным сотрудником Национального института медицинских исследований в Милл Хилле, где работал в области биологии низких температур совместно с доктором А. Смитом, открывшим, что глицерин обладает способностью защищать живые клетки от повреждения в процессе их замораживания и оттаивания. Фаррант заинтересовался проблемой сохранения тканей и органов и разработал новый метод, позволяющий предотвратить повреждение препаратов гладких мышц при их охлаждении до температуры жидкого азота. Это был новый этап в еще не изученной проблеме сохранения органов при низких температурах.
До 1977 Фаррант работал в области теории и практики биологии низких температур, публикуя статьи о консервации путем замораживания эритроцитов, лимфоцитов, препаратов гладких мышц, органов, возбудителей малярии, бактерий, хламидий, гранулоцитов и т. д. Его интересовали также теоретические аспекты деструкции тканей при криохирургических процедурах.
Позднее он перешел к исследованиям в области иммунологии и разработал метод бессывороточных микрокультур для культивирования лимфоцитов человека. Исследовал дефект в антиген-представляющих клетках при иммунодефицитных состояниях и разработал метод культуры клеток для получения аутоиммунных антител при заболевании тиреоидитом.
Фаррант участвовал в разработке программы научного обмена между британскими учеными, работающими в области низких температур (членами Общества криобиологии Великобритании), учеными Института цитологии АН СССР (Ленинград) и Института проблем криобиологии и криомедицины АН УССР.

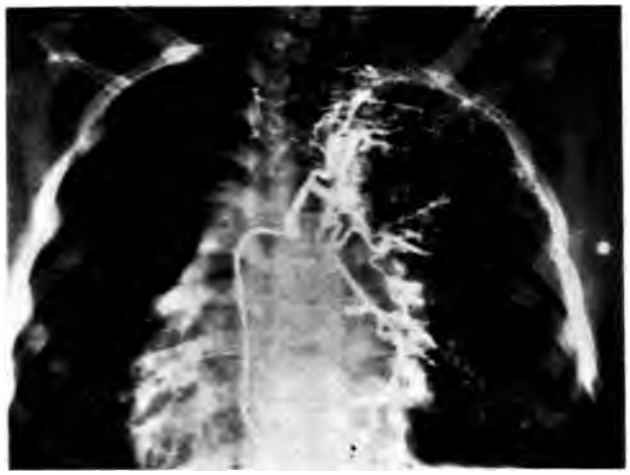


Рис. 11. Ангиограмма межреберного артериального ствола у больного тетрадой фалло (врожденным сложным пороком сердца) и с аномальным правосторонним расположением сердца. Видна расширенная извитая сеть коллатеральных сосудов, т. е. тех, по которым кровь движется в обход основного русла

Рис. 12. Контрольная ангиограмма того же больного после эмболизации. Коллатеральные сосуды не видны, так как закупорены эмболами

Рис. 13. Ангиограмма задней большеберцовой артерии при ангиоме (сосудистой опухоли) стопы

Рис. 14. Контрольный снимок артерии задней большеберцовой артерии того же больного после успешной эмболизации. Сеть расширенных извитых сосудов ангиомы отсутствует

ционной реакцией происходит адсорбция белков крови на поверхности эмбола, что усиливает процесс местного тромбообразования. Со временем тромб прорастает соединительной тканью, проникающей также в поры эмбола. В результате, и это крайне важно, исключается восстановление проходимости эмболизированного сосуда и тем самым повторные кровотечения (рис. 7).

Новое поколение рентгеноконтрастных эмболов значительно облегчает лечебную процедуру. Для контроля за локализацией эмболов в просвете сосуда не нужны посторонние жидкие контрастные вещества. Значительно проще наблюдать за динамикой их движения (рис. 8). Кроме того, рентгеноконтрастные эмболы с йодидом серебра обладают еще антимикробным действием. Это свойство исключает возможность местного инфицирования тканей вокруг эмболов и увеличивает их эффект.

Создание искусственных эмболов дало новый скачок в лечении болезней, основная причина которых — нарушение кровообращения. Окклюзирующие сосуд эмболы, прерывая кровоток, прекращают кровотечение внутри органа или закрывают патологические межсосудистые соустья при ангиодисплазиях*. Эмболизация нашла применение и при опухолях почек, в тех случаях, когда операция невозможна, при травматических повреждениях таза, послеродовых кровотечениях, а также при предоперационной подготовке для уменьшения кровенаполнения удаляемого органа или сосудистой опухоли.

---

* Ангиодисплазия (ангио — сосудистый) — нарушение развития сосудистого русла, часто приводящее к появлению ангиом — доброкачественных сосудистых опухолей. *Ред.*

культуре клеток. При этом всегда создается искусственная ситуация, но, учитывая ее ограничения, можно получить довольно много полезной информации.

Культура клеток *in vitro* (вне организма) используется для многих целей. С ее помощью исследуют биохимию клетки, движение клеток может быть заснято на пленку, можно зафиксировать процесс, при котором одни клетки убивают другие, можно собрать и проанализировать секретируемые ими химические вещества. Одно из наиболее важных применений культуры клеток в настоящее время — производство моноклональных антител*. Для этого В-лимфоцит, секретирующий чистые антитела (одной специфичности), сливают, соединяют с «бессмертной» опухолевой клеткой, и возникающая при этом гибридома продолжает делиться и бесконечно долго продуцировать антитела.

В своей работе иммунологи обычно используют различных лабораторных животных. Главное преимущество такого подхода состоит в том, что у специально выведенных генетически однородных (сингенных) животных не возникает явлений несовместимости и можно исследовать вместе ткани или клетки различных особей. Однако далеко не всегда данные, полученные на лабораторных животных, можно автоматически перенести на человека. Поэтому ученые, работающие в области иммунологии, предпочитают проводить исследования и изучать различные заболевания непосредственно на человеке.

Такой подход порождает многочисленные проблемы. Генетическая совместимость между человеческими индивидуумами — явление крайне редкое (свойственное лишь однояйцевым близнецам). Труднее, по сравнению с системой культур клеток животных, создать экспериментальные условия, получить клетки и манипулировать с ними. Кроме того, и анализ различных клеточных и гуморальных взаимодействий, даже полученных в эксперименте, крайне сложен, хотя и не идет в сравнение со многими иммунорегулирующими системамн *in vito* (в живом организме). В данной статье мне хотелось рассказать о том, как мы пытались изучить регуляцию клеток иммунной системы у человека с помощью культуры клеток. Для этих целей существует по крайней мере два подхода.

Исследования с одной переменной

Наиболее распространен первый подход, который использует одну переменную величину (один фактор). Конечно, в экспериментах по культивированию клеток существует множество возможных «переменных», но в данном случае существенно лишь то, что в каждом таком эксперименте изучается только один фактор. Им может быть, скажем, доза стимулирующего антигена, количество Т-лимфоцитов, В-лимфоцитов, антиген-представляющих клеток или концентрация добавляемых иммунорегуляторных молекул, таких, например, как интерлейкин-2 (ИЛ-2) или гамма-интерферон. При данном подходе необходимо провести предварительные эксперименты для «оптимизации» всех других переменных величин и создать «работающую» систему. Под этим подразумевается, что измеряемый ответ (например, секреция специфических антител В-лимфоцитами) может быть достоверно получен, если достаточное количество других переменных величин установлено на необходимом (работающем) уровне. Рис. 1 иллюстрирует подобный подход с «единственной переменной» величиной. Слева (рис. 1,а) показано изменение только одной величины — количества отвечающих (в данном случае находящихся в стадии деления, пролиферирующих) клеток при условии, что величины всех других переменных оптимизированы и постоянны. В середине (рис. 1,б) — ответ «работающей» системы с изучаемой переменной при контрольных условиях и получение частного ответа (т. е. те же условия, что и на рис. 1,а, а измерение ответа лишь в момент C_1). Справа (1,с) — влияние внешнего фактора на изучаемую величину (в культуру добавлены клетки, у которых предполагается существование супрессорной, тормозящей, функции). Ответ редуцирован, снижен, т. е. количество пролиферирующих клеток в тот же момент времени меньше, чем в контрольном опыте, так как были проявлены супрессорные свойства добавленных клеток.

Исследования со многими переменными

Второй подход, который в последнее время составляет основу наших исследований, состоит в том, что в одном эксперименте изучают взаимодействие многих факторов. При этом величины (уровни) нескольких переменных изменяются в пределах одного эксперимента. Рис. 2 показывает это на простом примере с двумя переменными. Слева (рис. 2, а) кривая ответа дана в зависимости от изменения одной переменной величины (С), но при единственном значении другой переменной. (Здесь, как и на рис. 1,а, все другие факторы, если они могут влиять, оптимизированы). Справа (2,б) показаны 4 такие кривые при различных значениях второй переменной (здесь это доза митогена — вещества, запускающего деление клеток). Если при

* Т. е. антител, которые вырабатываются совершенно одинаковыми клетками, составляющими клон, произошедший от одной исходной гибридной клетки. — *Ред.*

Рис. 16. Фотография больного, страдающего артериовенозной ангиомой височно-надбровной области

Рис. 17. Фотография того же больного после эмболизации височной артерии и оперативного удаления ангиомы

таза нередко возникают опасные для жизни маточные или ректальные кровотечения, особенно серьезные для рожениц. Поражения тяжелы и обширны, а удаление пораженных участков настолько трудно, что хирургическое вмешательство в этих случаях почти бесполезно. Эмболизацией неоднократно спасали жизнь роженицам, не прибегая к обширным, порой калечащим, хирургическим вмешательствам. У больных ангиодисплазиями таза и конечностей не только прекращаются кровотечения, но и снижаются или исчезают боли, спадают вены и сосудистые опухоли, уменьшается объем конечности. Таким образом, использование эмболов открыло новые пути лечения этих опасных заболеваний.

Эмболизация оказалась особенно эффективной в сочетании с хирургическим методом, когда он был необходим, позволяя избежать обильных кровотечений во время операций (рис. 16, 17).

Интересно, что лечебные возможности метода оказались значительно шире предполагавшихся первоначально. Так, при хронических неспецифических заболеваниях легких эмболизация, проведенная для остановки кровотечения, оказала положительное воздействие на весь воспалительный процесс. Количество мокроты у больных после непродолжительного увеличения в первые дни затем значительно уменьшалось, она разжижалась, начинала легко отделяться. Изменялся даже ее характер: из гнойной в слизисто-гнойную, затем слизистую. В подавляющем большинстве случаев отделение мокроты полностью прекращалось через 8 суток после эмболизации.

Механизм лечебного действия эмболов на гнойно-воспалительный процесс сейчас установлен. Дело в том, что при хронических и острых заболеваниях легких мелкие сосуды бронхиальной и легочной ткани перестраиваются, увеличивается просвет сосудов и их кровенаполнение, появляются аневризмы (расширения) и разрывы сосудов, эрозии (разрушения стенки сосуда), тромбы и как результат — повторяющиеся кровотечения. После лечебной эмболизации наряду с остановкой кровотечения уменьшается кровенаполнение сосудов зоны патологического процесса, а следовательно, и отек легочной ткани, и количество отделяемой мокроты. Дыхание и состояние больных улучшается настолько, что часто можно ограничиться только этим консервативным вмешательством, не подвергая больного операции. Кроме того, после ликвидации патологического сброса крови в короткий срок уменьшаются размеры сердца и облегчается его работа.

Метод раскрыл новые возможности лечения опухолей почек. Эмболизация почечной артерии, обескровливая орган, значительно облегчает его удаление, увеличивает возможности операции. Если удаление опухоли невозможно, эмболизация останавливает кровотечение, устраняет боль и улучшает самочувствие больных.

Лечебная эмболизация используется также для остановки послеродовых кровотечений, вызванных нарушением свертывания крови. Однажды нам удалось спасти женщину 22 лет только благодаря эмболизации, так как предпринятые 3 операции и все традиционные средства остановки кровотечения оказались безуспешными.

Многим людям гидрогельные эмболы уже спасли жизнь и вернули здоровье. Работа над ними выявила пути дальнейшего сотрудничества между советскими и чехословацкими специалистами по созданию принципиально новых изделий из этого уникального полимера.

СТО ЛЕТ НАЗАД

Немецкие химики Э. Фишер и Ф. Пенцольдт в эксперименте показали, какая исключительно высокая реакционная способность характерна для нервов обоняния. Они установили, что $^1/_{64}$ миллионной доли миллиграмма меркаптана вызывает еще раздражение нервов.

Немецкий цитолог и эмбриолог Т. Бовери (впоследствии иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук) выдвигает (совместно с австрийским биологом К. Раблем) теорию индивидуальности хромосом, согласно которой они обладают не только морфологической индивидуальностью, но и физиологической. Эта теория была позже использована для обоснования хромосомной теории наследственности.

Одна служила контролем, а другую замораживали и оттаивали при условиях, которые должны способствовать сохранению клеточной функции. Задача была сравнить функции клеток в двух пробах *in vitro* для определения степени их повреждения в процессе замораживания и оттаивания.

Так как некоторые клетки все же могут быть потеряны в таком процессе, количество клеток вначале (до разделения проб) просчитывали, а затем и контрольные, и размороженные пробы культивировали при одинаковой исходной концентрации клеток. На рис. 3 даны две полученные кривые. При сравнении по вертикали пролиферация контрольных и оттаявших клеток зависит от концентрации, при которой сделано сравнение. При первой концентрации клеток (C_1) их ответ после замораживания и оттаивания уменьшался. При более высокой концентрации (C_2) пролиферативный ответ клеток контрольных и оттаявших проб идентичен, а при еще более высокой (C_3) оказалось, что оттаявшие клетки пролиферируют активнее, чем контрольные. Однако более правильный метод сравнения (по своему физическому смыслу) — горизонтальный. Если кривые идентичны по ходу и по высоте, степень отклонения между ними показывает, какая часть клеток погибла при замораживании и оттаивании. Ведь кривые представляют собой ответ одинакового количества живых клеток, а после замораживания необходимо большее исходное количество клеток для получения в культуре того же числа живых клеток.

Для того чтобы использовать многофакторный подход, необходимо сделать много допущений и выборов. Во-первых, существует практическая сторона дела: решить, как много вариантов эксперимента можно поставить исходя из наличия материала. Во-вторых, принять важное и очень трудное решение: какие исходные переменные выбрать и какова должна быть их величина. И наконец, существует проблема анализа полученных данных и интерпретации их с точки зрения биологических механизмов. Остановимся на этих вопросах подробнее.

Микрокультуры

При работе с ограниченным количеством материала (например, с кровью больных), чтобы получить достаточно много информации, необходимо использовать микрокультуры. Во многих лабораториях обычный объем культуры 200 мкл, но мы в экспериментах со многими переменными используем культуры объемом 20 мкл. Этот объем, содержащий изучаемые клетки, помещают в ячейки так называемой пластинки Теразаки (см. рис. 4), предназначенные для культивирования клеток. В каждую ячейку входит только 10 мкл, если же ввести 20 мкл и перевернуть пластинку, то возникает висячая капля. Пластинку переворачивают для того, чтобы пометить клетки, растущие по поверхности висячего мениска, радиоактивной меткой (H^3-тимидином) и затем просчитать их количество на специальном приборе. Преимущество роста клеток на границе раздела газ/жидкость также в том, что они хорошо снабжаются кислородом и CO_2 и точнее поддерживается кислотность (pH) среды. А для культур с таким малым объемом необходим очень строгий контроль всех условий, особенно при длительном культивировании.

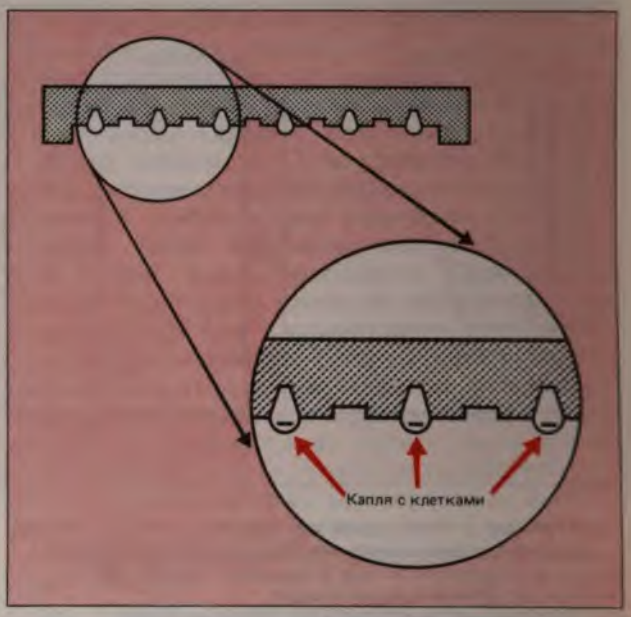


Рис. 4. Перевернутая пластинка Теразаки для культивирования клеток методом висячей капли. Объем капли 20 мкл

Выбор экспериментальных переменных

Перед тем как обсудить вопрос о выборе значений переменных, необходимо сравнить системы *in vitro* с «реальными» процессами *in vivo*. Конечно, ни одна культура клеток не может воспроизвести состояние в живом организме. Однако многофакторный подход, рассматриваемый в данной статье, ближе к «реальной» ситуации, чем эксперименты с одной переменной. Ответы, для получения которых использовано много условий — концентрации клеток, дозы антигена, концентрации сывороток и т. д., — должны дать значительно больше для понимания механизмов процесса, чем эксперимент с одной переменной.

Выбор переменных в значительной степени зависит от обстоятельств. В наших экспериментах безусловно важны исходные количества клеток и концентрации (дозы) стимулирующего препарата (молекулярного или клеточного).

Дж. ФАРРАНТ

Культура лимфоцитов — модель иммунитета

Предлагаемый автором статьи многофакторный эксперимент лучше воспроизводит реальную ситуацию в живом организме, чем широко применяемые в биологии системы с одной переменной величиной. Для этого автор использует микрокультуры клеток и компьютерный анализ результатов

Иммунорегуляция, т. е. обеспечение нормальной работы иммунной системы живого организма, — одна из функций клеток иммунной системы. Нарушения регуляции приводят ко многим заболеваниям, связанным с изменением иммунного статуса*. В задачи иммунологии входит, в частности, изучение реакции (ответа) организма на инфекцию. Когда ответ слаб или отсутствует (т. е. иммунная система не сопротивляется «чужому» вторжению и не вырабатывает необходимые для защиты вещества), могут возникнуть так называемые иммунодефицитные заболевания, при которых часто повторяющиеся инфекции угрожают жизни. Например, гипогаммаглобулинемия, при которой продукция антител снижена либо отсутствует, или синдром приобретенного иммунодефицита (AIDS), когда вирусы вызывают гибель Т-лимфоцитов.

Кроме того, иммунология изучает заболевания, при которых нарушен контроль роста клеток. Сюда относятся злокачественные новообразования, в том числе и самой иммунной системы, лейкозы.

Еще одна большая группа болезней, вызванных нарушением иммунорегуляции, — аутоиммунные заболевания. При них иммунная атака, помимо вторгшегося чужеродного организма, направлена на нормальные компоненты организма-хозяина. Возможно, что некоторые аутоиммунные заболевания возникают тогда, когда на иммунную систему воздействует инфекционный агент, имеющий определенное сходство с собственными компонентами организма-хозяина. После окончания инфекционного процесса иммунные реакции продолжаются и приводят к аутоиммунной деструкции. К таким заболеваниям относятся рассеянный склероз, некоторые заболевания щитовидной железы, диабет, ревматоидный артрит и др.

Как изучать все эти болезни, связанные с нарушением иммунорегуляции? Естественно, они должны быть исследованы разнообразными клиническими методами, но анализ лежащих в их основе дефектов достаточно сложен. В настоящее время твердо установлено, что контроль за работой иммунной системы осуществляют несколько типов иммунокомпетентных клеток*. Прежде всего это эффекторные клетки — лимфоциты различного назначения. Известно два их типа: В-лимфоциты, обладающие способностью секретировать, т. е. вырабатывать и выделять защитные белки — иммуноглобулины и антитела, и разные типы Т-лимфоцитов со многими функциями, среди которых и способность убивать вторгшиеся чужеродные организмы. Еще один важный участник иммунного процесса — макрофаг; он заглатывает инородные микроорганизмы, частицы и молекулы и перерабатывает их в более мелкие фрагменты, которые затем легко распознаются эффекторными клетками. К этому же типу клеток относятся антиген-представляющие клетки (например, так называемые дендритные клетки). Они также захватывают и удерживают на своей поверхности чужеродные молекулы, или антигены, а затем представляют их Т- или В-лимфоцитам для реализации нормального иммунного ответа.

Все эти клетки секретируют гормоны и другие вещества (факторы), оказывающие влияние на функции соседних клеток. Окончательный ответ иммунной системы представляет собой сложную сеть клеточных и гуморальных (через кровь и лимфу) взаимодействий.

Культура клеток

Один из методов изучения такой сети, и в нормальных условиях, и при нарушении иммунного статуса, связан с моделированием системы в

* См. статью М. Дабровского «Тимус — источник новых лекарств» в этом томе ежегодника. — *Ред.*

* Подробнее об этом см. статью Р. В. Петрова «Взаимодействие клеток иммунной системы нашего организма» в ежегоднике «Наука и человечество. 1981». — *Ред.*

Кривые двухфазного ответа

Почти всегда зависимость между ответом клеток (например, пролиферацией) и величиной одной переменной (когда другие остаются постоянными) принимает форму двухфазной кривой (параболы, как на рис. 1,а). Примеры уже были даны. Почему кривая двухфазная? Это связано с природой биологических взаимодействий на клеточном и молекулярном уровнях. Куполообразная кривая образуется при различных концентрациях отвечающих клеток и клеток-стимуляторов, дозах антигена и митогена или тогда, когда одна из переменных величин — время ответа. Это происходит также при взаимодействии между клетками или стимулирующей молекулой и рецептором. В молекулярной фармакологии и физиологии хорошо известно, в частности, что низкие дозы активных препаратов стимулируют, а более высокие их дозы — блокируют рецепторы. Это положение не всегда выдерживается в иммунологии. Например, снижение ответа (нисходящая ветвь параболы) можно объяснить по-другому — тем, что в точке максимума возникает влияние новых агентов, скажем, клеток-супрессоров, тормозящих деление. В некоторых системах это действительно может быть так, однако чтобы это доказать, нужны дополнительные данные. Исходная переменная и сама по себе может вызывать подобный эффект по мере приближения к более высокому уровню. Один из наглядных примеров: снижение пика пролиферации моноклональных клеток при увеличении их количества в условиях, когда истощения среды не происходит. (Подобный случай рассматривался на рис. 1,а и 2,а.)

Самая простая модель такой системы — добавление клеток к культуре с низкой их концентрацией, в результате чего добавленные клетки увеличивают ответ (рис. 7). Однако такое же добавление вызовет снижение ответа при введении клеток в систему с высокой исходной концентрацией. Это типичный пример значения единственной переменной. Но некоторые переменные, как уже говорилось, взаимодействуют между собой, и изменение величины первой переменной вызовет изменение также и второй. И хотя все это трудно наблюдать и описывать, но добавление, к примеру, тех же клеток к начально различным системам позволяет получать самые разные ответы. Поэтому еще раз подчеркнем, что, хотя многофакторная система культуры клеток представляет собой упрощенную модель, она все же более информативна, чем обычный подход.

Клоны клеток и реальные клетки

Клетки моноклональных линий обладают большими преимуществами, например при продукции

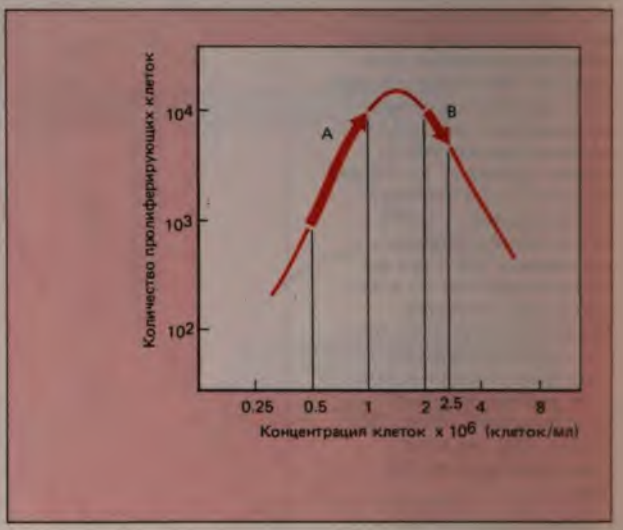


Рис. 7. Влияние добавления одинакового количества ($0{,}5\times10^6$/мл) моноклональных клеток к культуре, содержащей $0{,}5\times10^6$/мл (A) или 2×10^6/мл (B) тех же клеток. Кривая — куполообразная. При A ответ увеличивается, а при B — снижается: добавленные клетки в первом случае ускоряют, во втором — замедляют деление

специфических молекул, таких, как интерлейкин-2 (ИЛ-2), или при осуществлении антиген-специфической «Т-помощи». Однако они не являются обычными, нормальными клетками. Часто их реакция на окружающие факторы не адекватна. И конечно, моноклональные клетки не участвуют в контроле нормально функционирующей иммунологической сети. Поэтому изучение иммунорегуляции, о котором идет речь в данной статье, связано с использованием «реальных» клеток, т. е. свежеполученных В- и Т-лимфоцитов.

Хорошо известно, и об этом уже говорилось, что среди Т-лимфоцитов есть функционально различные субпопуляции: Т-помощники или Т-супрессоры. Но нужно иметь в виду, что субпопуляция клеток не может постоянно, при любых обстоятельствах осуществлять одну и ту же количественную функцию, поскольку на нее влияет природа клеточного микроокружения (концентрация клеток, присутствие других типов клеток и т. п.). Поэтому различные функции, такие, как помощь или супрессия, у различных типов клеток надо рассматривать скорее как разнообразные формы ответа, чем как абсолютные их свойства.

Области нормального и аномального ответов

Некоторые дефекты иммунорегуляции у человека могут быть выявлены даже при самых простых экспериментах. Скажем, если лимфоциты

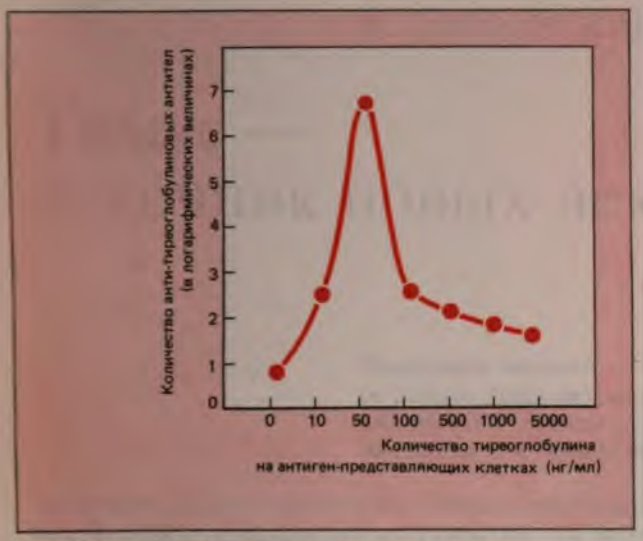


Рис. 8. Влияние различных концентраций аутоантигена — тиреоглобулина человека — на продукцию анти-тиреоглобулиновых антител, когда антиген представлен клетками, взятыми у больного тиреоидитом Хасимото. Видно, что эффективен, т. е. повышает выработку антител, только ограниченный ряд доз

секретируют мало иммуноглобулинов и совсем не секретируют антитела (при гипогаммаглобулинемии). При некоторых злокачественных заболеваниях клетки пролиферируют без четкого контроля. Однако метод со многими переменными может определять более тонкие нарушения взаимодействий между экспериментальными переменными. Введение второй переменной вызывает на диаграмме ответ в виде «гор» (рис. 6). Они могут иметь различную топографию в зависимости от того, получены клетки от здоровых доноров или от больных.

Когда прибавляется все больше относящихся к процессу переменных, ответы происходят в *n*-мерном пространстве, где *n* — количество экспериментальных переменных. Такие ответы очень трудно и наблюдать и описывать, но использование компьютерной техники с графопостроителями позволяет сделать «срезы» районов ответа для их отбора и анализа.

Болезнь как гомеостаз при аномальных реакциях

Нормальный гомеостаз — основа иммунной защиты. В процессе защиты происходит нейтрализация антигена: этой цели служат реакции клеточного и гуморального иммунитета. С точки зрения многофакторной модели это предполагает, что малые отклонения от нормального состояния активизируют ответы, предназначенные вернуть организм к нормальному состоянию (т. е. включаются механизмы иммунорегуляции).

При исследованиях с нормальными клетками, сделав выбор интересующих экспериментальных переменных, проводят культивирование при различных начальных условиях.

Можно предположить, что существует «область нормальной энергии», в пределах которой работает гомеостаз. Попытка проиллюстрировать эту идею сделана на рис. 6. Очень заманчиво также предположить, что определенные болезненные состояния (например, аутоиммунные болезни) представляют собой систему, при которой события прошлого (скажем, вирусная инфекция) «выталкивают» ответы из «области нормальной энергии» в «область аномальной энергии». Иногда при такой ситуации нормальные гомеостатические процессы могут продолжать эффективно работать, но уже в пределах нового региона. Чтобы возвратиться к исходным (т. е. нормальным) условиям, нужно понять с помощью многочисленных измерений, как изменить уровни экспериментальных переменных, чтобы «энергетический барьер» между регионами ответов при заболевании и в норме был преодолен.

Проблема трудна для разрешения, но конструирование карты ответов для различных выбранных переменных с помощью компьютерных процедур будет иметь большое значение и позволит найти «путь домой» для возвращения к нормальным условиям.

Проводимые нами в настоящее время эксперименты основаны на культивировании клеток больных аутоиммунным тиреоидитом (болезнь Хасимото или воспаление щитовидной железы), которые анализируются по многим параметрам: концентрация В-лимфоцитов, Т-лимфоцитов, антиген-представляющих клеток (АПК), дозы антигена (тиреоглобулин человека), используемые для обработки АПК, и время анализа клеток. При этом мы измеряем пролиферацию Т-клеток, секрецию специфических антител (антитиреоглобулинов) и общее количество иммуноглобулинов. Рис. 8 показывает первоначальный график продукции антител при изменении дозы тиреоглобулина. Мы надеемся в дальнейшем исследовать поведение клеток внутри регионов многовариантного ответа.

Кривые двухфазного ответа

Почти всегда зависимость между ответом клеток (например, пролиферацией) и величиной одной переменной (когда другие остаются постоянными) принимает форму двухфазной кривой (параболы, как на рис. 1,а). Примеры уже были даны. Почему кривая двухфазная? Это связано с природой биологических взаимодействий на клеточном и молекулярном уровнях. Куполообразная кривая образуется при различных концентрациях отвечающих клеток и клеток-стимуляторов, дозах антигена и митогена или тогда, когда одна из переменных величин — время ответа. Это происходит также при взаимодействии между клетками или стимулирующей молекулой и рецептором. В молекулярной фармакологии и физиологии хорошо известно, в частности, что низкие дозы активных препаратов стимулируют, а более высокие их дозы — блокируют рецепторы. Это положение не всегда выдерживается в иммунологии. Например, снижение ответа (нисходящая ветвь параболы) можно объяснить по-другому — тем, что в точке максимума возникает влияние новых агентов, скажем, клеток-супрессоров, тормозящих деление. В некоторых системах это действительно может быть так, однако чтобы это доказать, нужны дополнительные данные. Исходная переменная и сама по себе может вызывать подобный эффект по мере приближения к более высокому уровню. Один из наглядных примеров: снижение пика пролиферации моноклональных клеток при увеличении их количества в условиях, когда истощения среды не происходит. (Подобный случай рассматривался на рис. 1,а и 2,а.)

Самая простая модель такой системы — добавление клеток к культуре с низкой их концентрацией, в результате чего добавленные клетки увеличивают ответ (рис. 7). Однако такое же добавление вызовет снижение ответа при введении клеток в систему с высокой исходной концентрацией. Это типичный пример значения единственной переменной. Но некоторые переменные, как уже говорилось, взаимодействуют между собой, и изменение величины первой переменной вызовет изменение также и второй. И хотя все это трудно наблюдать и описывать, но добавление, к примеру, тех же клеток к начально различным системам позволяет получать самые разные ответы. Поэтому еще раз подчеркнем, что, хотя многофакторная система культуры клеток представляет собой упрощенную модель, она все же более информативна, чем обычный подход.

Клоны клеток и реальные клетки

Клетки моноклональных линий обладают большими преимуществами, например при продукции

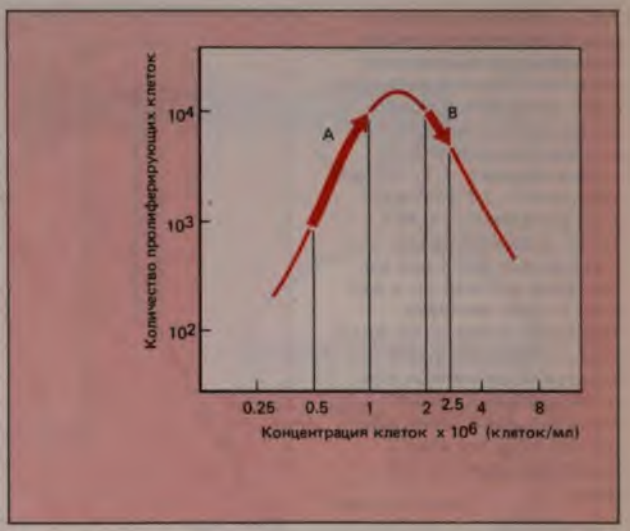


Рис. 7. Влияние добавления одинакового количества ($0{,}5\times10^6$/мл) моноклональных клеток к культуре, содержащей $0{,}5\times10^6$/мл (A) или 2×10^6/мл (B) тех же клеток. Кривая — куполообразная. При A ответ увеличивается, а при B — снижается: добавленные клетки в первом случае ускоряют, во втором — замедляют деление

специфических молекул, таких, как интерлейкин-2 (ИЛ-2), или при осуществлении антиген-специфической «Т-помощи». Однако они не являются обычными, нормальными клетками. Часто их реакция на окружающие факторы не адекватна. И конечно, моноклональные клетки не участвуют в контроле нормально функционирующей иммунологической сети. Поэтому изучение иммунорегуляции, о котором идет речь в данной статье, связано с использованием «реальных» клеток, т. е. свежеполученных В- и Т-лимфоцитов.

Хорошо известно, и об этом уже говорилось, что среди Т-лимфоцитов есть функционально различные субпопуляции: Т-помощники или Т-супрессоры. Но нужно иметь в виду, что субпопуляция клеток не может постоянно, при любых обстоятельствах осуществлять одну и ту же количественную функцию, поскольку на нее влияет природа клеточного микроокружения (концентрация клеток, присутствие других типов клеток и т. п.). Поэтому различные функции, такие, как помощь или супрессия, у различных типов клеток надо рассматривать скорее как разнообразные формы ответа, чем как абсолютные их свойства.

Области нормального и аномального ответов

Некоторые дефекты иммунорегуляции у человека могут быть выявлены даже при самых простых экспериментах. Скажем, если лимфоциты

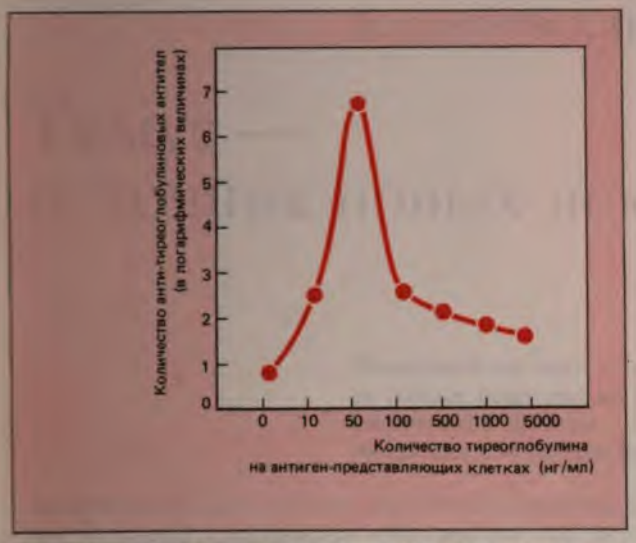


Рис. 8. Влияние различных концентраций аутоантигена — тиреоглобулина человека — на продукцию анти-тиреоглобулиновых антител, когда антиген представлен клетками, взятыми у больного тиреоидитом Хасимото. Видно, что эффективен, т. е. повышает выработку антител, только ограниченный ряд доз

секретируют мало иммуноглобулинов и совсем не секретируют антитела (при гипогаммаглобулинемии). При некоторых злокачественных заболеваниях клетки пролиферируют без четкого контроля. Однако метод со многими переменными может определять более тонкие нарушения взаимодействий между экспериментальными переменными. Введение второй переменной вызывает на диаграмме ответ в виде «гор» (рис. 6). Они могут иметь различную топографию в зависимости от того, получены клетки от здоровых доноров или от больных.

Когда прибавляется все больше относящихся к процессу переменных, ответы происходят в *n*-мерном пространстве, где *n* — количество экспериментальных переменных. Такие ответы очень трудно и наблюдать и описывать, но использование компьютерной техники с графопостроителями позволяет сделать «срезы» районов ответа для их отбора и анализа.

Болезнь как гомеостаз при аномальных реакциях

Нормальный гомеостаз — основа иммунной защиты. В процессе защиты происходит нейтрализация антигена: этой цели служат реакции клеточного и гуморального иммунитета. С точки зрения многофакторной модели это предполагает, что малые отклонения от нормального состояния активизируют ответы, предназначенные вернуть организм к нормальному состоянию (т. е. включаются механизмы иммунорегуляции).

При исследованиях с нормальными клетками, сделав выбор интересующих экспериментальных переменных, проводят культивирование при различных начальных условиях.

Можно предположить, что существует «область нормальной энергии», в пределах которой работает гомеостаз. Попытка проиллюстрировать эту идею сделана на рис. 6. Очень заманчиво также предположить, что определенные болезненные состояния (например, аутоиммунные болезни) представляют собой систему, при которой события прошлого (скажем, вирусная инфекция) «выталкивают» ответы из «области нормальной энергии» в «область аномальной энергии». Иногда при такой ситуации нормальные гомеостатические процессы могут продолжать эффективно работать, но уже в пределах нового региона. Чтобы возвратиться к исходным (т. е. нормальным) условиям, нужно понять с помощью многочисленных измерений, как изменить уровни экспериментальных переменных, чтобы «энергетический барьер» между регионами ответов при заболевании и в норме был преодолен.

Проблема трудна для разрешения, но конструирование карты ответов для различных выбранных переменных с помощью компьютерных процедур будет иметь большое значение и позволит найти «путь домой» для возвращения к нормальным условиям.

Проводимые нами в настоящее время эксперименты основаны на культивировании клеток больных аутоиммунным тиреоидитом (болезнь Хасимото или воспаление щитовидной железы), которые анализируются по многим параметрам: концентрация В-лимфоцитов, Т-лимфоцитов, антиген-представляющих клеток (АПК), дозы антигена (тиреоглобулин человека), используемые для обработки АПК, и время анализа клеток. При этом мы измеряем пролиферацию Т-клеток, секрецию специфических антител (антитиреоглобулинов) и общее количество иммуноглобулинов. Рис. 8 показывает первоначальный график продукции антител при изменении дозы тиреоглобулина. Мы надеемся в дальнейшем исследовать поведение клеток внутри регионов многовариантного ответа.

Марек ДАБРОВСКИЙ (Dabrowski) (р. 1938) — польский иммунолог, доктор медицинских наук, руководитель лаборатории клеточной иммунологии в отделе иммунологии Института инфекционных заболеваний Медицинской академии в Варшаве.
Окончил Медицинский институт в Варшаве в 1962. Работал ассистентом в отделе биологии опухолей Института онкологии, затем (1965) — в нейрохирургической клинике Медицинской академии, а в 1966 — в отделе патофизиологии Ревматологического института в Варшаве.
В 1972 прослушал курс иммунологии в Лозанне в качестве стипендиата ВОЗ.
С 1976 руководит лабораторией клеточной иммунологии отдела иммунологии Института инфекционных заболеваний Медицинской академии в Варшаве.
В 1969 получил степень кандидата медицинских наук, а в 1975 — доктора медицинских наук за работу по оценке иммунологических свойств лимфоцитов крыс, лишенных тимуса в новорожденном возрасте.
Основное направление научных исследований Дабровского — тимусобусловленные механизмы регуляции иммунологического ответа. Он сотрудничал с зарубежными центрами: с Радиобиологическим институтом в Рийсвийке в Голландии (1969—1970), Бирмингемским университетом (1975), с Исследовательским центром рака в Лондоне (1979—1980).
Соавтор иммунореконструктивной концепции в терапии, использующей влияние на лимфатическую систему гормональных лекарственных препаратов, полученных из тимуса.
Автор более 80 публикаций.
В 1981—1984 — проректор по педагогической работе Медицинской академии.
В 1974 за исследования цитотоксичности лимфоцитов получил премию Польской Академии наук.

М. ДАБРОВСКИЙ

Тимус — источник новых лекарств

Иммунная система — основной защитник нашего организма. Нарушения в ее работе приводят ко многим заболеваниям. Польский препарат — гормон вилочковой железы — нормализует клеточный состав иммунной системы, оказывая тем самым не только лечебное, но и профилактическое действие

Здоровьем можно назвать состояние организма, при котором сохраняется постоянство его внутренней среды — гомеостаз. Различные отклонения жизненно важных характеристик среды от оптимальных значений приводят к временной или постоянной патологии, т. е. болезни. Лечение же стремится уравновесить расстроенный гомеостаз организма. Чтобы оно было эффективно, необходимо воспринимать организм как единое целое, учитывать, что в поддержании гомеостаза участвуют все органы, обеспечивающие функциональную, структурную и организационную целостность организма. Самая влиятельная система регуляции — нервная система — доминирует над остальными. Для гомеостатического равновесия организма особенно важна ее связь с органами внутренней секреции (эндокринной системой). Вообще можно сказать, что целостность функционирования организма подчиняется взаимодействию этих двух главных интегральных систем.

Если бы возникла необходимость из всех остальных систем живого организма выбрать третью по важности, задача оказалась бы чрезвычайно трудной. Системы кровообращения, пищеварения, костно-мышечная и многие другие незаменимы. И тем не менее можно найти еще одну систему с особенным значением. Это — иммунная, или лимфоидная, система, основной защитник нашего организма.

Подобно гипофизу в эндокринной системе, вилочковая железа, или тимус, — главный орган лимфоидной системы. Установлена непосредственная связь деятельности вилочковой железы с эндокринной системой. В начальный (особенно в эмбриональный) период жизни тимус наиболее активен и действует в сочетании с гормоном роста (соматотропным). В этот период иммунная система четко снабжает организм Т-лимфоцитами. Активность вилочковой железы тормозится в период полового созревания. Начинается атрофия и жировое перерождение органа. Ответственность за эту деятельность совместно с вилочковой железой берут на себя гормоны коры надпочечников и половые гормоны. Среди них есть одно интересное исключение. Если мужские половые гормоны (андростерон и тестостерон), а также женский гормон прогестерон тормозят активность тимуса, то другие женские половые гормоны (эстрогены) усиливают его деятельность. Прогестерон способствует сохранению беременности, защищая плод от иммунологического распознавания и повреждения. После рождения ребенка функции эстрогенов в материнском организме восстанавливаются и обновляется иммунологическая работоспособность лимфоидной системы.

Таким образом, половое созревание не только завершает первый период молодости, но и связано с окончанием активного функционирования вилочковой железы. И хотя взрослый организм располагает значительным запасом действующих Т-лимфоцитов (о них чуть ниже), однако этот запас систематически расходуется, а невосполняющийся их дефицит приводит к развитию так называемой болезни истощения — к старению организма. Следовательно, вилочковая железа вместе с другими лимфоидными органами играет огромную роль в обеспечении гомеостаза — здорового состояния организма. Вместе с нервной и эндокринной лимфоидная система, повторим, определяет биологический статус организма. Особые функции иммунной системы и особое положение вилочковой железы, которые стали понятны в последние годы, требуют дальнейшего исследования. Оно поможет выяснить многие не известные ранее причины болезней и лучше их лечить.

Дефицит Т-лимфоцитов

Лимфоциты — неоднородная клеточная популяция*. Она состоит из клеток, выполняющих в

* Подробнее об этом см. в статье Р. В. Петрова «Взаимодействие клеток иммунной системы нашего организма» в ежегоднике «Наука и человечество. 1981». — *Ред.*

регуляции иммунного ответа различные функции. Первый тип клеток, Т-лимфоциты (иначе — тимусзависимые) — продукты вилочковой железы — могут распознавать антигены (любые чужеродные для данного организма вещества, вызывающие иммунный ответ) и способны к иммунологической памяти. Эти свойства позволяют им начинать и регулировать ответную реакцию. В свою очередь, они делятся на хелперные (клетки-помощники, от английского *help* — помогать), супрессорные (тормозящие) и цитотоксические (эти клетки называют еще киллерами, клетками-убийцами или Т-эффекторами). От взаимодействия всех клеток зависит форма иммунного ответа, его продолжительность и степень интенсивности. Хелперные клетки участвуют в гуморальном ответе (через кровь и лимфу), т. е. в продукции антител клетками другого типа В-лимфоцитами, которые образуются в основном в селезенке. Это касается, однако, не всех антигенов, для некоторых ответ В-лимфоцитов не зависит от хелперов. На гуморальный ответ влияют также супрессорные Т-лимфоциты. Их участие в иммунном ответе может изменить его интенсивность, постепенно ослабить или сразу его прекратить.

Надо подчеркнуть, что зависимый от супрессорных Т-лимфоцитов запрет иммунного ответа — не недостаток работы системы, а особенная, очень важная форма иммунитета. Она, как и другие формы иммунного ответа, состоит из фазы распознавания, затем индукции или так называемой эффекторной фазы, которая в этом случае не приводит ни к образованию антител, ни к продукции цитотоксических Т-лимфоцитов. И наконец, финал процесса — толерантность, устойчивость системы к опознанным антигенным элементам, скажем, антигенам наших собственных тканей. В качестве примера можно вспомнить, что на поверхности Т-лимфоцитов и клеток нервной системы обнаружен один и тот же антиген и что иммунная система особенно устойчива по отношению к тканям нервной системы.

Лимфоциты, их огромное значение в регуляции иммунитета интересуют сейчас многих исследователей. Уже очевидно, что недостаточность лимфоцитов может иметь разные причины. Причем в зависимости от ситуации при общем дефиците Т-лимфоцитов недостаток в каждой группе клеток (хелперных, цитотоксических или супрессорных) будет очень разным.

Дефицит лимфоцитов-помощников приводит к продолжительным бактериальным, вирусным или микотическим (грибным) инфекциям, которые имеют или локализованный, или генерализованный характер. Чаще всего это касается дыхательных путей, пищевода, мочеполовой системы и кожи. Недостаточность хелперных клеток, как правило, сопровождается дефицитом супрессорных Т-лимфоцитов. Поэтому при длительных инфекциях постепенно усиливаются аутоагрессивные реакции, направленные против различных органов, тканей и систем собственного организма. Часто они принимают форму аллергических изменений, охватывают кожу, слизистые оболочки, дыхательные пути (астматические катары), пищевод. Аутоагрессия ведет к повреждению соединительных тканей (ревматические и сосудистые болезни), нервной системы (невропатия лицевого, тройничного, зрительного, слухового, вестибулярного или других нервов), к поражению спинного или головного мозга, внутренних органов (печень, почки, щитовидная железа, костный мозг и др.). Этих примеров достаточно, чтобы представить, как разнородны признаки аутоагрессивных нарушений. Заметим, что недостаточная сопротивляемость, бесспорно, способствует развитию опухолевых образований, может снижать либо подавлять регенеративную способность организма, ускоряет процесс старения.

Таким образом, недостаточность иммунной системы — общая причина многих различных болезней. Понятна поэтому заинтересованность иммунологией врачей самых разных специальностей. Можно ожидать, что в ряде случаев нарушенный гомеостаз восстановится при усилении функций одной из трех названных выше его составляющих — лимфоидной системы. Речь идет о том, чтобы исправить нефункционирующую иммунную систему, придать ей свойства здорового и молодого организма. Такой цели отчасти могут служить вещества, выделенные из вилочковой железы.

Препараты вилочковой железы

Экстракты из тимусов, чаще всего телячьих, изучаются в исследовательских центрах многих стран. В последнее десятилетие удалось получить и частично исследовать множество таких

СТО ЛЕТ НАЗАД

ПЕТЕРБУРГ. Химический состав человека. Человек состоит из 13 основных веществ, из которых 5 газообразных и 8 плотных. Главная составная часть — это кислород в чрезвычайно сжатом состоянии. Нормальный человек, весящий 70 кг, содержит 44 кг кислорода, который при обыкновенных условиях занял бы 28 кубометров пространства. Далее в человеке содержится 7 кг водорода, который в свободном состоянии наполнил бы объем в 80 кубометров. Остальные газы, заключающиеся в человеке, — это азот (1,72 кг), хлор (0,8 кг) и фтор (0,1 кг). Плотных веществ в нормальном человеке содержится: 22 кг угля, 800 г фосфора, 100 г серы, 1750 г извести, 80 г калия, 70 г натрия, 50 г магния и 45 г железа.

«Нива»

препаратов. Выяснилось, что источником активных фракций в них служат эпителиальные клетки вилочковой железы, образующие ее корковый слой, а также некоторые фрагменты этого органа.

Наиболее исследованы следующие препараты и их аналоги: тимозин *(thymosin,* А. Л. Гольдштейн — *Goldstein,* США), тимусный гуморальный фактор THF *(thymic humoral factor,* Н. Трайнин — *Trainin,* Израиль), тимопоэтин (*thymopoietin,* Д. Шлезингер — *Schlesinger,* Гольдштейн, США), тимусный сывороточный фактор FTS (*facteur thymigue serigue,* М. Дарденн, Ж. Ф. Бах — *Dardenne, Bach,* Франция), человеческий сывороточный фактор SF (*humanserum factor,* Г. Асталди — *Astaldi,* Италия) и TFX-*Polfa* (Польша). Последний препарат был получен в 1973 г. по инициативе профессора Е. Александровича *(Aleksandrowicz)* на Еленя-Гурских фармацевтических предприятиях *«Polfa»,* используя метод экстракции Е. Чарнецкого.

Кроме того, существует много других продуктов, созданных различными фирмами. И хотя их строение и функции изучены недостаточно, они нашли применение в частных клиниках на Западе (лейкотрофин, *Zellmedin Thymus* 200, *Thymus Extract* и др.). Все названные препараты, несмотря на множество различий, имеют важные общие признаки. Основу их структуры составляют отдельные полипептиды или их смесь с незначительной примесью липидов, сахаридов и нуклеотидов.

Польский препарат TFX, состоящий из нескольких десятков полипептидов, как и тимозин, принадлежит к наиболее очищенным веществам. При введении животным или человеку эти препараты, несмотря на имеющийся в их составе чужеродный белок, не вызывают серьезных иммунологических реакций. По мнению А. Гольдштейна, это связано со значительным структурным сходством вилочковых гормонов телят и людей. Препаратам свойственна сильная иммунореконструирующая активность. Их влияние на лимфатическую систему подобно влиянию вилочковой железы в период формирования и развития иммунной системы. Оно выражается в увеличении количества Т-лимфоцитов, степени их созревания, нормализации их иммунорегулирующих защитных функций.

Широкий спектр гормональной деятельности TFX и тимозина обеспечивается присутствием в них полного или почти полного набора веществ вилочковой железы. Более однородные и лучше очищенные тимусные препараты, содержащие лишь один пептид или его синтетический эквивалент, характеризуются только эпизодической, фрагментарной активностью по сравнению с полными препаратами. Экспериментами А. Гольдштейна и его сотрудников показано, что в различных этапах дифференцировки (специализации) Т-клеток участвуют разные полипептиды — тимозины (поэтому препарат назван тимозином), или так называемые фракции. Например, при созревании материнской стволовой клетки костного мозга в протимоцит — это полипептиды тимозин бэта 3 и бэта 4, протимоцита в тимоцит — тимозин альфа 1, далее тимоцита в супрессорный Т-лимфоцит — тимозин альфа 7, а в хелперный Т-лимфоцит — тимозин альфа 1. Так, упрощенным образом представляется участие гормонов вилочковой железы в процессе дифференцировки Т-лимфоцитов.

Оценка влияния TFX-*Polfa* на этот процесс для человеческих лимфоцитов проведена отделением иммунопатологии Института инфекционных заболеваний АМН в Варшаве. Доказано, что влияние носит последовательный характер. Больные с количественной и функциональной недостаточностью Т-лимфоцитов, подвергавшиеся лечению, реагировали определенным образом при каждом следующем обследовании. Сначала наблюдались возрастание и нормализация так называемых Е-розеток (тест на количество Т-лимфоцитов). Далее усиливалась активность лимфоцитов, стимулированных *in vitro* конканавалином А. Ответ на этот стандартный митоген характерен для менее зрелых форм Т-лимфоцитов. Далее наблюдалась нормализация супрессорной активности Т-лимфоцитов. Значение этого их свойства для управления иммунным ответом детально описано выше. В течение 2—6-месячного периода, в зависимости от степени исходной иммунологической недостаточности, нормализуется способность лимфоцитов отвечать на стимуляцию другим митогеном — фитогемаглютинином (ФГА). Реактивная способность к ФГА — характерная особенность зрелых Т-лимфоцитов.

Достигнутые результаты носят постоянный характер и не требуют продолжительного лечения. Необходимо, однако, подчеркнуть, что с течением времени (месяцев и лет) у некоторых больных может появиться потребность в повторном лечении. Дополнительный этап значительно короче по сравнению с основным лечением, а перерыв между ними может быть достаточно длителен. Индивидуальные различия между пациентами не позволяют точно определять продолжительность терапии и момент излечения. Однако ориентировочно считается, что по окончании 2—6-месячного курса лечения достигается состояние уравновешенной реактивности лимфоидной системы, которое длится от нескольких месяцев до нескольких лет.

Исследования гормональных препаратов вилочковой железы продолжаются. Мы стремимся глубже изучить механизмы их действия, расширить сферу терапевтического применения и оптимизировать их состав и лекарственные формы.

Показано, что гормоны вилочковой железы регулируют уровень (количество) циклических нуклеотидов в лимфоцитах мыши, крысы и человека. А от содержания нуклеотидов в клетке зависит темп клеточных делений, степень зрелости и функциональная способность лимфоцитов. Под влиянием тимозина, например, растет количество ц-ГМФ (один из циклических нуклеотидов) и нормализуется синтез ДНК в лимфоцитах животных, у которых удалена вилочковая железа. Препараты THF и TFX по своим свойствам не уступают тимозину, отличаясь от него способностью изменять содержание в лимфоцитах другого нуклеотида — циклического аденозинмонофосфата (ц-АМФ); ц-АМФ влияет на степень зрелости лимфоцита и его эффекторную деятельность, другими словами — на специализацию и ценность функционирующей иммунной клетки. Супрессорная активность Т-лимфоцитов — одно из выражений такой специализации. Соотношение между ц-ГМФ и ц-АМФ в лимфоцитах важно для регуляции деления и функций этих клеток. Одни тимусные препараты больше влияют на ц-ГМФ, другие на ц-АМФ. Это может быть связано с различной технологией, когда при экстракции из исходного комплекса веществ, кроме повторяющихся фрагментов, выделяются в каждом случае разные вещества. С этой точки зрения TFX-*Polfa* обладает определенными достоинствами среди многих других препаратов вилочковой железы. Он влияет на оба названных нуклеотида, хотя преимущественно на ц-АМФ. Это подтвердили исследования А. Скотницкого *(Skotnicki)* и А. Томсона *(Tomson)*, проведенные в Лондоне. Препараты THF и TFX способны также предупреждать аутоагрессивные реакции лимфондной системы. Для TFX-*Polfa* эти свойства подтверждены при иммунологической и клинической оценке лекарства, проведенной в отделении иммунопатологии Института инфекционных заболеваний АМН в Варшаве.

TFX-*Polfa* относительно гомогенный препарат, содержащий полипептиды с различным молекулярным весом, а также нуклеотиды и липиды. Он влияет, как говорилось выше, на процессы дифференцировки Т-лимфоцитов, а кроме того, на процесс кроветворения, нормализуя количество эритроцитов, гранулоцитов и тромбоцитов (исследования Института трансплантологии АМН в Варшаве и Клиники гематологии АМН в Кракове). Опираясь на результаты иммунологических, клинических и других исследований, а также фармакологических исследований профессора Гилдановского *(Gieldanowsky*, Польша), препарат TFX-*Polfa* в июне 1983 г. после регистрации Комиссией по лекарствам получил статус лекарства.

Препараты вилочковой железы в лечении и профилактике

TFX-*Polfa* хорошо зарекомендовал себя при лечении хронического вирусного гепатита, хронических инфекций дыхательных путей, грибных заболеваний, некоторых неврологических болезней, приводящих к нарушению слуха, двигательных функций и др. TFX-*Polfa* оказался эффективным средством для коррекции побочных, нежелательных последствий терапевтического воздействия стероидов коры надпочечников, цитостатических (подавляющих деление клеток), противовоспалительных средств, антибиотиков, а также облучений. Все эти лекарства и облучение сейчас широко применяются для борьбы с аллергическими, ревматическими, инфекционными и опухолевыми заболеваниями. Однако все они, как правило, повреждают иммунную систему и костный мозг. Поэтому после временного улучшения развивается малокровие или нарушаются функции лимфоидной системы, т. е. проявляется дефицит Т-лимфоцитов. Характерные черты такого дефицита описаны выше. Замкнутый порочный круг болезни

В СССР под руководством академика Р. В. Петрова и академика АМН СССР Ю. М. Лопухина во 2-м Московском государственном медицинском институте имени Н. И. Пирогова в начале 70-х годов были начаты работы по выделению и биологическому изучению иммуноактивных препаратов тимуса. Сотрудники отдела молекулярной иммунологии, возглавляемого кандидатом биологических наук В. Я. Арионом, предложили оригинальную методику, по которой из тимуса был получен препарат, получивший название «Т-активин». По своим физико-химическим свойствам Т-активин представляет смесь полипептидов с молекулярной массой от 1500 до 6000 дальтон.

Он хорошо сохраняется в растворе при 5—7°С без потери биологической активности в течение 2 лет.

Испытания биологической активности Т-активина показали, что даже однократное его введение мышам с удаленным тимусом (экспериментальная модель иммунодефицита) приводит к полному восстановлению иммунного ответа, в частности, на эритроциты барана. Т-активин стимулирует миграцию стволовых клеток и, самое существенное, полностью нормализует процесс их дифференцировки. Важно также, что Т-активин регулирует синтез интерферона, не являясь его индуктором. Экспериментальный материал, полученный при использовании Т-активина для обработки *in vitro* лимфоцитов от больных с различными нарушениями иммунитета, убедительно свидетельствует о пригодности этого тимусного препарата для терапии ряда заболеваний.

Клинические испытания при первичных (врожденных) иммунодефицитных заболеваниях (синдром Луи-Бара) показали, что Т-активин значительно улучшает состояние больных, частично, а иногда и полностью восстанавливает клеточный иммунитет. Он обладает лечебным действием и при вторичной (приобретенной) иммунологической недостаточности и весьма перспективен при лечении инфекционных заболеваний, злокачественных новообразований и аутоиммунных расстройств. Фармакологический комитет Минздрава СССР рекомендовал этот препарат к медицинскому применению и промышленному производству.

и последствий ее лечения часто неутешителен для пациента. В таких случаях гормональные препараты вилочковой железы становятся ценным терапевтическим средством, которое значительно повышает шансы для прорыва порочного круга.

Конечно, при этом необходимо тесное сотрудничество врачей различных специальностей с иммунологами. Препятствуют такому сотрудничеству не только объективные причины: нехватка средств, времени, организационные трудности. Очень часто имеют место непонимание, отсутствие общего языка у представителей разных специальностей и недостаток знаний. Улучшить ситуацию может перестройка учебных программ, оживление дискуссий, расширение научной информации.

Сейчас можно говорить о пользе тимусных препаратов в педиатрии, ревматологии, гиинекологии, дерматологии, эндокринологии, гематологии онкологии, психиатрии и других областях. Еще раз подчеркием, что иммунологическая недостаточность может быть конечным звеном длинной сложной цепи различных нарушений. И только хорошо организованная система исследований поможет разобраться в этом процессе.

Улучшение диагностики иммунологической недостаточности, которая поможет выявить ее до появления симптомов болезни, — фундамент для профилактического применения тимусных препаратов. В таких случаях можно ожидать лучших результатов при меньшем количестве лекарства. Однако пока теория профилактики иммунной системы не стала действительностью, должны выполняться как минимум два условия. Во-первых, производство препаратов должно удовлетворять спрос и, во-вторых, иммунологическая диагностика должна стать значительно более доступной и обстоятельной, нежели сегодня.

Препарат TFX-*Polfa* скорее прототип необходимого лекарства. Это, несомненно, точный и ценный прототип, но предел возможностей еще не достигнут. Необходимо продолжать исследование состава и структуры препарата, а также участия его отдельных элементов в определенных этапах дифференцировки Т-лимфоцитов.

Доказано, что иммунорегулирующее действие TFX-*Polfa* — результат баланса между различными составляющими. Достигая самого источника клеточных популяций, материнских стволовых клеток костного мозга, TFX помогает пройти все этапы дифференцировки новым клеточным линиям и с течением времени замещает ими в правильных пропорциях отмирающие Т-лимфоциты периферической лимфатической системы. Это, однако, длительный процесс, и нормализация клеточного состава иммунной системы достигается через много недель лечения. Чтобы сократить это время, лучше было бы подбирать состав лекарства к индивидуальной ситуации данного пациента.

Отдельную проблему составляет вид лекарства. Обычно оно производится в ампулах, содержащих в 1 мл 10 мг* активной субстанции, и применяется для подкожных и для внутримышечных инъекций ежедневно. Нужно попытаться удлинить его действие, чтобы не требовались ежедневные инъекции.

Нынешние достижения открыли путь для внедрения новой терапевтической концепции — иммунореконструкции. Она заполняет ощутимый пробел между иммуносупрессией и иммуностимуляцией, и в будущем от нее можно ожидать хороших результатов. В конце необходимо подчеркнуть, что TFX-*Polfa* — несомненно хорошее лечебное средство. Его внедрение положило начало новому этапу исследования лимфоидной системы, которое не только позволит усовершенствовать само это лекарство, но и, несомненно, введет в арсенал иммунотерапии новые, еще неизвестные препараты.

---

* Отечественный препарат Т-активин в отличие от других упомянутых препаратов тимуса содержит активную субстанцию в гораздо меньшем объеме (выпускается в ампулах по 0,1 мг в 1 мл). — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

ЛЕЙПЦИГ. *В происходившем в Лейпциге первом собрании «Анатомического общества» профессор Гассе в докладе своем представил заметку о том, что все мы имеем кривое лицо и что самый череп наш не симметричен. Рот и подбородок еще вполне симметричны, но верхняя часть лица всегда представляет неправильности. То, что нос почти всегда уклоняется от средней линии, давно известно, но совершенно ново то наблюдение, что правый глаз обыкновенно расположен выше левого, зато левый глаз ближе к средней линии, иначе сказать, к носу. Уши также расположены неправильно — левое лежит выше. Особый интерес в кружках художников и любителей искусства должна возбудить ссылка ученого на Венеру Милосскую. Кривизна ее лица является лишь новым, блестящим доказательством чрезвычайно развитой верности взгляда греческого художника, а также и того, что он работал статую непосредственно с живой натуры.*

«Нива»

Борис Александрович РЫБАКОВ (1908) — историк и археолог, академик, директор Института археологии АН СССР, лауреат Ленинской и Государственных премий, Герой Социалистического Труда.

После окончания историко-этнологического факультета Московского государственного университета работал в 1931—1951 в Государственном Историческом музее. С 1933 начал педагогическую деятельность в высших учебных заведениях — Академии коммунистического воспитания им. Н. К. Крупской и Московском областном педагогическом институте. С 1939 преподает в МГУ. С 1943 — профессор. С 1956 — директор Института археологии АН СССР. В 1943 Б. А. Рыбакову присуждена ученая степень доктора исторических наук. В 1953 избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1958 — академиком. В 1973—1975 — академик-секретарь Отделения истории АН СССР.

В 1949 ему присуждена Государственная премия за научные исследования по истории русской культуры, обобщенные в труде «Ремесло Древней Руси», в 1952 — Государственная премия за коллективный научный труд «История культуры Древней Руси». В 1976 — Ленинская премия за цикл работ по истории русской культуры X—XVI вв., опубликованных в 1963—1974 гг. В 1983 — премия АН СССР имени Б. Д. Грекова за монографию «Киевская Русь и русские княжества XII—XIII вв.».

Б. А. Рыбаков — член и почетный член ряда международных организаций и учреждений.

Основные направления научных исследований — история Древней Руси X—XVI вв., проблемы происхождения славян, история языческого мировоззрения, историческая география, русская эпиграфика, историческое осмысление «Слова о полку Игореве», археологические исследования древнерусских городов.

Награжден тремя орденами Ленина, орденами Трудового Красного Знамени, Октябрьской Революции, «Знак Почета» и другими орденами и медалями.

и последствий ее лечения часто неутешителен для пациента. В таких случаях гормональные препараты вилочковой железы становятся ценным терапевтическим средством, которое значительно повышает шансы для прорыва порочного круга.

Конечно, при этом необходимо тесное сотрудничество врачей различных специальностей с иммунологами. Препятствуют такому сотрудничеству не только объективные причины: нехватка средств, времени, организационные трудности. Очень часто имеют место непонимание, отсутствие общего языка у представителей разных специальностей и недостаток знаний. Улучшить ситуацию может перестройка учебных программ, оживление дискуссий, расширение научной информации.

Сейчас можно говорить о пользе тимусных препаратов в педиатрии, ревматологии, гинекологии, дерматологии, эндокринологии, гематологии онкологии, психиатрии и других областях. Еще раз подчеркнем, что иммунологическая недостаточность может быть конечным звеном длинной сложной цепи различных нарушений. И только хорошо организованная система исследований поможет разобраться в этом процессе.

Улучшение диагностики иммунологической недостаточности, которая поможет выявить ее до появления симптомов болезни, — фундамент для профилактического применения тимусных препаратов. В таких случаях можно ожидать лучших результатов при меньшем количестве лекарства. Однако пока теория профилактики иммунной системы не стала действительностью, должны выполняться как минимум два условия. Во-первых, производство препаратов должно удовлетворять спрос и, во-вторых, иммунологическая диагностика должна стать значительно более доступной и обстоятельной, нежели сегодня.

Препарат TFX-*Polfa* скорее прототип необходимого лекарства. Это, несомненно, точный и ценный прототип, но предел возможностей еще не достигнут. Необходимо продолжать исследование состава и структуры препарата, а также участия его отдельных элементов в определенных этапах дифференцировки Т-лимфоцитов.

Доказано, что иммунорегулирующее действие TFX-*Polfa* — результат баланса между различными составляющими. Достигая самого источника клеточных популяций, материнских стволовых клеток костного мозга, TFX помогает пройти все этапы дифференцировки новым клеточным линиям и с течением времени замещает ими в правильных пропорциях отмирающие Т-лимфоциты периферической лимфатической системы. Это, однако, длительный процесс, и нормализация клеточного состава иммунной системы достигается через много недель лечения. Чтобы сократить это время, лучше было бы подбирать состав лекарства к индивидуальной ситуации данного пациента.

Отдельную проблему составляет вид лекарства. Обычно оно производится в ампулах, содержащих в 1 мл 10 мг* активной субстанции, и применяется для подкожных и для внутримышечных инъекций ежедневно. Нужно попытаться удлинить его действие, чтобы не требовались ежедневные инъекции.

Нынешние достижения открыли путь для внедрения новой терапевтической концепции — иммунореконструкции. Она заполняет ощутимый пробел между иммуносупрессией и иммуностимуляцией, и в будущем от нее можно ожидать хороших результатов. В конце необходимо подчеркнуть, что TFX-*Polfa* — несомненно хорошее лечебное средство. Его внедрение положило начало новому этапу исследования лимфоидной системы, которое не только позволит усовершенствовать само это лекарство, но и, несомненно, введет в арсенал иммунотерапии новые, еще неизвестные препараты.

---

* Отечественный препарат Т-активин в отличие от других упомянутых препаратов тимуса содержит активную субстанцию в гораздо меньшем объеме (выпускается в ампулах по 0,1 мг в 1 мл). — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

ЛЕЙПЦИГ. В происходившем в Лейпциге первом собрании «Анатомического общества» профессор Гассе в докладе своем представил заметку о том, что все мы имеем кривое лицо и что самый череп наш не симметричен. Рот и подбородок еще вполне симметричны, но верхняя часть лица всегда представляет неправильности. То, что нос почти всегда уклоняется от средней линии, давно известно, но совершенно ново то наблюдение, что правый глаз обыкновенно расположен выше левого, зато левый глаз ближе к средней линии, иначе сказать, к носу. Уши также расположены неправильно — левое лежит выше. Особый интерес в кружках художников и любителей искусства должна возбудить ссылка ученого на Венеру Милосскую. Кривизна ее лица является лишь новым, блестящим доказательством чрезвычайно развитой верности взгляда греческого художника, а также и того, что он работал статую непосредственно с живой натуры.

«Нива»

поддаваться кочевникам и новые наезды (авар, хазар, печенегов) встречали твердую оборону. Во-вторых, славяне осуществили военную колонизацию балканских владений Византии. В-третьих, они начали мирное заселение лесной зоны Восточной Европы.

Как уже отмечалось, в религиозном отношении сколотско-славянский период характеризуется возникновением огромных святилищ на горах под открытым небом, которые отражали потребность в многолюдных общеплеменных «со-бытиях». Ежегодный земледельческий праздник в сколотском «царстве» описывает Геродот. Праздник устраивался в честь таких священных предметов, как плуг, ярмо, топор и чаша, т. е. был явно посвящен аграрным заклинательным обрядам, а следовательно, имел отношение только к земледельцам-праславянам Среднего Поднепровья, но не к скифам-кочевникам, по многократным утверждениям Геродота, не знавшим плуга. Длительность бытования таких святилищ для нас не всегда ясна, но в ряде случаев прослеживается преемственность вплоть до эпохи Киевской Руси. Отдельные общеплеменные святилища в дальнейшем превратились в христианские монастыри, сохранившие древнюю традицию и стягивавшие к себе богомольцев из отдаленных мест.

К началу этого периода болгарский языковед В. Георгиев приурочивает смену славянской религиозной терминологии: вместо вариантов индоевропейского *«deus»* (в славянских «див», «дый») появляется под скифским влиянием новое обозначение — «бог», удержавшееся навсегда. Очевидно, к этому же времени относится появление у праславян таких наименований божеств, как Стрибог (вместо архаичного Сварога), Дажьбог и явно иранский Хорс.

В сколотско-славянское время из предшествующих глубинных индоевропейских эпох перешла мифология, часть которой (мифы о первопредке Таргитае, о царе-Солнце — Колаксае) записана Геродотом и сохранилась в виде пережитка в восточнославянской сказке вплоть до XIX в. (Тарх-Тархович, царевич Светозар, сказка о трех царствах и др.).

В районе наиболее оживленных торговых связей днепровских сколотов с греческой Ольвией (Борисфеном)* в начале этого нового периода было воздвигнуто много каменных идолов, изображавших воина с турьим рогом в руке, с гривной на шее и оружием у пояса. Все эти аксессуары мы находим у русских воинов, заключавших торговые договора с греками в X в. н. э. Возможно, что поставленные на «священных путях» к Ольвии и вокруг самого этого города, называвшегося «торжищем борисфенитов», эти изваяния изображали Волоса, бога богатства, именем которого клялись русы, посланные князем Игорем, или бога Солнца — Дажьбога.

На протяжении длительного сколотско-славянского периода сильно колебалось соотношение двух основных видов погребального обряда — трупоположения и сожжения. Первобытное погребение скорченных трупов, которым искусственно придавалось положение эмбриона в чреве, было связано с тотемизмом и верой во второе рождение после смерти. Поэтому умершего и хоронили подготовленным к этому второму рождению. Праславяне еще в бронзовом веке поднялись на новую ступень и отказались от захоронений в скорченном положении. Вскоре появился совершенно новый обряд погребения, порожденный новыми воззрениями о душе человека, которая не воплощается вновь в какомлибо другом существе (звере, человеке, птице и т. д.), а перемещается в «ирье», в воздушное пространство неба.

Культ предков раздвоился: с одной стороны, невесомая, незримая душа приобщалась к небесным силам, столь важным для тех земледельцев, у которых не было искусственного орошения, а все зависело от небесной воды. С другой стороны, благожелательных предков, «дедов» необходимо было связать с землей, рождающей урожай. Это достигалось посредством закапывания сожженного праха в землю и постройки над погребением модели дома, «домовины» («столпа» у летописца Нестора). Вскоре после появления обряда кремации, еще задолго до сколотско-славянского периода, появляется обычай ссыпать сожженные останки «в сосуд мал», в горшок для еды. В качестве объяснения можно предложить такую гипотезу: нам известно, что в Древней Греции праздновался день первых плодов в честь Аполлона Таргелия, индоевропейский эпитет которого происходит от архаичного наименования горшка для священного варева из первых плодов.

С точки зрения аграрно-заклинательной магии было вполне логично помещать останки умершего предка в сосуд, подобный тому (а может быть, и тот самый), в котором готовилась священная еда из зерен нового урожая. Трупосожжения с такими погребальными урнами и деревянными домовинами дожили у славян в глухих углах до времен Нестора летописца.

Однако в течение всего сколотско-славянского периода дважды наблюдается появление обряда трупоположения без сожжения или только с имитацией сожжения, когда над могилой сжигалась деревянная домовина, — в VI—IV вв. до н. э. на сколотском этапе и в благодатные «трояновы века» — во II—IV вв. н. э., когда имитацию уже не производили. Трупосожжение продолжает существовать или на окраине основной

* Ольвия (Борисфен) — античный город (VI в. до н. э. — IV в. н. э.) на берегу Днепро-Бугского лимана. Борисфен — древнегреческое название р. Днепр и о. Березань в Днепровском лимане. — *Ред.*

Б. А. РЫБАКОВ

Язычество и Древняя Русь

Каким был внутренний мир нашего далекого предка? Его представления о природе и о себе самом? Его верования, обряды, песни, сказки? И какие отголоски многовекового прошлого живы поныне? Об этом говорит археология, изучение фольклора и народного искусства — источников высокого эстетического наслаждения во все времена

Таинственная и недостаточно изученная область языческих верований привлекала меня еще со студенческих лет. К настоящему времени накоплен значительный материал по фольклору, археологии, древнерусскому изобразительному искусству, исследованы все письменные материалы по славянскому и древнерусскому язычеству. Многие возникавшие вопросы обсуждались на международных конгрессах.

В 1962 г. в ежегоднике «Наука и человечество» была опубликована моя статья «Календарь древних славян». В 1981 г. вышла книга «Язычество древних славян», в которой рассмотрены религиозные представления глубокой древности. В настоящее время завершена работа по изучению язычества Древней Руси вплоть до XIII в. н. э. Анализ неисчерпаемого материала по язычеству позволил раскрыть интереснейшую область духовного мира.

Ниже приводится краткое изложение той концепции, которая родилась у меня в результате изучения разных аспектов проблемы.

Изучение славянского язычества, казалось бы, должно было начинаться с того исторического момента, когда впервые обозначился славянский (или, точнее, праславянский) этнический массив, т. е. с бронзового века, примерно с середины II тысячелетия до н. э. Однако обилие в русском, украинском и белорусском фольклоре отголосков необычайно отдаленных эпох (вплоть до палеолита и мезолита) и выявленная в процессе исследования глубина народной памяти, богатой пережитками архаичных представлений, сделали необходимыми экскурсы не только в дославянскую, но порой даже в доиндоевропейскую древность населения Европы.

При этом выяснилось принципиально важное обстоятельство: эволюция религиозных представлений являла собой не полную смену одних форм другими, а наслаивание нового на старое. Сто тысяч лет люди охотились на мамонтов: в русских сказках уцелела такая деталь, как «чудище хоботистое», с которым борется герой. Очевидно, за те 12—15 тысячелетий голоцена, которые отделяют нас от последних мамонтов, устойчивые воспоминания не успели выветриться. Следует отметить прямую связь первобытных религиозных представлений со степенью познания мира и природных явлений, с тем или иным видом хозяйственной деятельности, так как природа по-разному воспринималась охотниками и земледельцами.

Праславянское («сколотское») общество, занимавшее восточную половину общеславянской прародины, в VI—IV вв. до н. э. достигло высшего уровня первобытности. С этой эпохи, справедливо называемой скифской, начинается полуторатысячелетний период, завершающийся созданием феодального государства Киевской Руси.

Со времени скифов-пахарей (именовавших себя сколотами) на праславянской земле начинается новая эпоха, ознаменованная в социальном отношении зарождением военной демократии, а в религиозно-языческом — возникновением общеплеменных святилищ и культа богов-вождей (VI в. до н. э. — IX в. н. э.). Целостность обозначенного периода дважды нарушалась: вторжением в степи сарматов (III в. до н. э.) и гуннов (IV в. н. э.). Это привело к тому, что исследователи воспринимали те времена как ряд отдельных отрезков, характеризующихся якобы обособленными археологическими культурами.

За этапами яркого расцвета следовали века упадка и, вероятно, угнетения (например, сарматами), сменявшиеся веками нового процветания («трояновы века») и новых невзгод. Тем не менее этот длительный предгосударственный период следует рассматривать как единое динамичное завершение первобытности в славянском обществе. Условно назовем его «сколотско-славянским». В том времени можно наметить один существенный рубеж, связанный не с внешними событиями, а с уровнем развития самого славянского общества, — V—VI вв. н. э. Он характеризуется, во-первых, тем, что славяне перестали

берегах рек, погребальные костры которых должны были быть видимы в радиусе около 40 км.

Возрождение Среднего Поднепровья, земли могущественных русов и «смысленных полян», во II—IV вв. н. э. связано как с ослаблением к этому времени длительного сарматского ига, так и с продвижением Римской империи во времена Траяна (98—117 гг. н. э.) вплотную к местам расселения славян. Недаром автор «Слова о полку Игореве» обозначил это благодатное время как «трояновы века». Он был прав, именно при этом императоре началось небывалое оживление связей славян с южными греко-римскими городами, отраженное как в огромном количестве кладов римских серебряных монет, так и в заимствовании тогдашними славянами римской зерновой меры «квадрантала», т. е. «четверика», которая дожила в России до XIX в. Это означает, что на новом подъеме славяне вернулись к экспорту хлеба, столь важному для них и для греков в досарматское время (VI—IV вв. до н. э.).

Сарматский натиск в свое время привел к тому, что часть «скифов-пахарей» (правобережных славян), связанная «священными путями» с Ольвией, переселилась за Дунай. Теперь, в «трояновы века», тяготение славян к морю и к Дунаю возобновилось, что, очевидно, было связано в известной мере с интересами торга. Славяне начинают упоминаться «на излучине Понта» и называют этих славян «антами», что, по мнению лингвистов, означает «крайние», «окраинные». Магистральный путь, очевидно, сместился: если в сколотское время «священные пути» вели из южной окраины среднеднепровской лесостепи по Бугу и Ингулу в Ольвийский лиман, минуя Днепр с его богатейшими кладбищами царских скифов вокруг Порогов, то теперь, когда грозных и могущественных оберегателей этих могил не стало, путь по Днепру открылся и надолго стал знаменитым «Гречником», связывавшим Русь с Византией.

В причинной связи с освобождением Днепра стоит, по всей вероятности, перемещение одного из центров славяно-римской торговли в «трояновы века» далеко на север, на границу с лесной зоной в районе будущего Киева. Здесь кончается ареал массового распространения кладов римского серебра II—IV вв., но зато денег этого времени здесь было много. На территории самого Киева находчики XIX в. иногда измеряли клады римских денариев ведрами. Дело, очевидно, обстояло так: к «мудрым и смысленным полянам» по разветвленной системе притоков Днепра (Припять, Тетерев, Березина, Десна, Сож) могли прибывать челны из северных земель, где люди «жили в лесе, якоже всякий зверь», и продавать здесь свои лесные товары, например меха или воск, ценившиеся на мировом рынке. Поляне, по всей видимости, держали в своих руках эту торговлю, так как римская монета севернее Киева не шла. Для лесостепной же поляно-русской зоны главным был, конечно, экспорт хлеба.

В «трояновы века» среднеднепровскими славянами была усовершенствована система земледелия, усложнена социальная структура. Наряду со всем этим появляются аграрно-магические календари, которые следует отнести к замечательным произведениям жреческой мудрости «волхвов-облакопрогонителей», предсказывавших и своими магическими действиями вызывавших необходимые людям дожди.

При этом был обобщен огромный опыт многих поколений по наблюдению за сроками дождей. Отобраны именно те четыре срока дождей, наиболее полезных для яровых хлебов, которые указывает руководство по агрономии для Киевской губернии, составленное в конце XIX в. Кувшин-календарь IV в. н. э. из Ромашек предназначался для колдовских действий у родника-источника, что явствует из хорошо известных слов: «Ов жреть студеньцу, дождя искы от него»*.

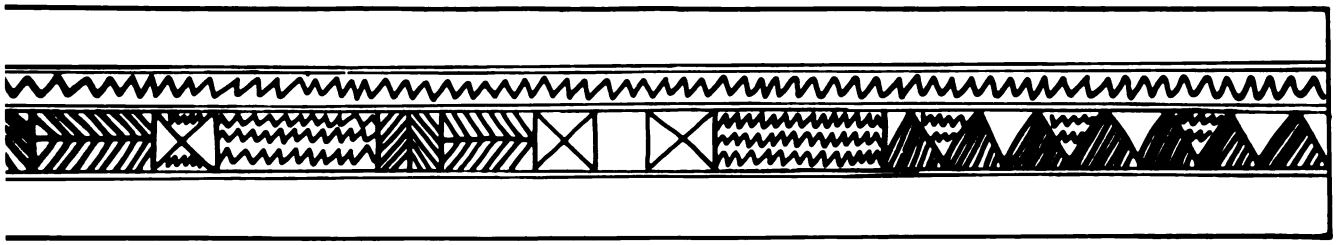
Другие сосуды связаны или с новогодними заклинаниями на все 12 месяцев, или же с благодарением богам за хорошую жатву.

Новый общий подъем культуры в «трояновы века», очевидно, сильно возвысил зарождавшееся сословие жрецов, которые должны были организовать обрядность «события», руководить процессом языческого богослужения, осуществлять гадания и производить жертвоприношения. Они составляли мудрые календари, знали «черты и резы», хранили в памяти мифы, восходившие по крайней мере к бронзовому веку. Волхвы должны были быть близки к племенной знати, а может быть, и составлять часть ее. Судя по сходству в славянских языках слов, обозначающих князя и жреца (*knez* и *knez* в чешском, *ksiez* и *ksiedz* в польском), можно думать, что к «светлым князьям» племен могла принадлежать и верховная жреческая власть.

Общим названием жрецов было «волхвы», или «волшебники», но, судя по разветвленности терминологии, в составе всего жреческого сословия было много различных разрядов. Известны «волхвы-облакопрогонители» (о них мы уже говорили), «волхвы-целители», лечившие людей средствами народной медицины «волхвы-хранильники», руководившие сложным делом изготовления разного рода амулетов-оберегов и, очевидно, орнаментальных символических композиций. Кроме волхвов-ведунов, существовали и женщины-колдуньи, ведьмы (от «вЬдать» — знать), чаровницы, «потворы».

Интереснейший разряд волхвов составляли

* Подробнее об этом см. уже упомянутую статью автора «Календарь древних славян» в ежегоднике «Наука и человечество. 1962». — *Ред.*



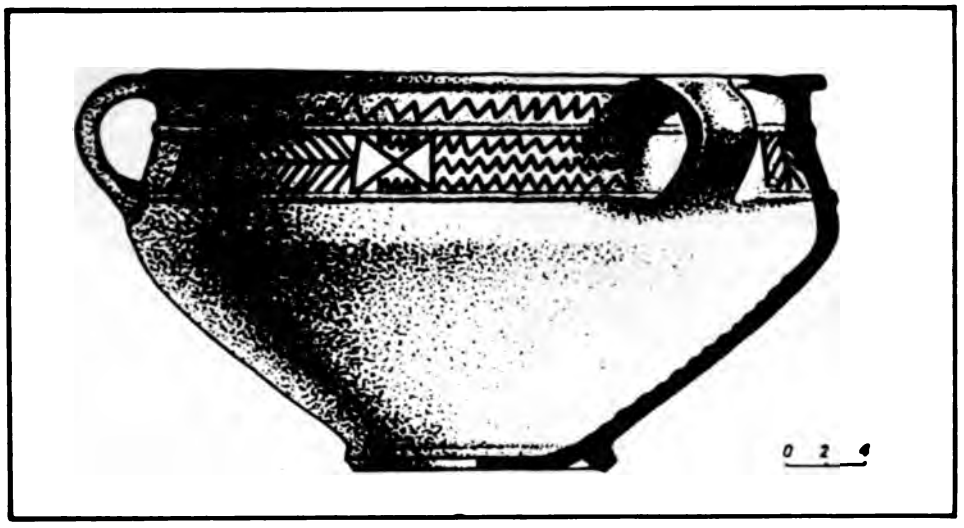
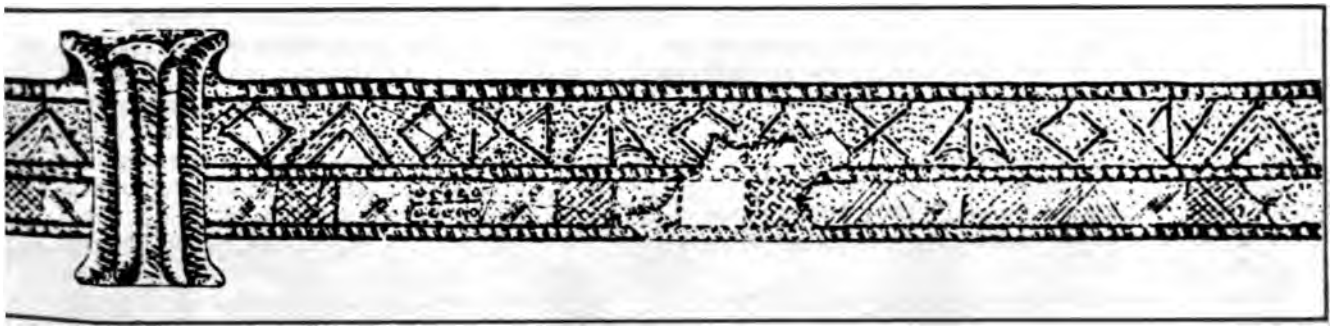


Рис. 2. Календарные знаки на сосудах IV в. н. э.



«волхвы-кощунники», сказители «кощюн» — мифов, хранители древних преданий и эпических сказаний. Сказителей называли также «баянами», «обаятелями», что связано с глаголом «баять» — рассказывать, петь.

Источники нередко говорят о многолюдстве тех сборищ, на которых кощунники исполняли свой репертуар. Слушатели вместо того, чтобы «злословного кощюньника биюще отгнати», внимательно слушали волхва (возможно, исполнявшего под аккомпанемент гусель) и повторяли усвоенное на своих пирах. Благодаря этому и дошли до нас от поколения к поколению древние сказания, превратившиеся в «волшебные» сказки, которые еще недостаточно изучены с точки зрения отражения в них архаичной языческой мифологии. Для показа тех возможностей, которые открывает изучение фольклорного фонда, приведу один пример. В княжеском кургане Чернигова Черной Могиле, относящемся к эпохе

Святослава, был найден в 1874 г. турий рог, окованный позолоченным серебром с вычеканенными на нем фигурами и узорами. Произведенный мной анализ сюжетов чеканки показал, что на ритуальном роге изображен миф о смерти сказочно-былинного Кощея Бессмертиого и об освобождении от его власти Анастасии Прекрасной, связанной в сказках с расцветом весенне-летней природы. В победе над мертвящим началом Кощея участвуют высшие вещие силы, и прежде всего грифонообразный Див.

По многим признакам повествование об освобождении Анастасии (греч. «воскресение», «возрождение»), дочери Димитрия, близко к античному мифу об Аиде и похищенной им Персефоне (дочери Деметры), с которой связан весенне-летний расцвет природы. Кощей полностью отождествляется с Аидом, повелителем царства мертвых, так как «кощьное» означало мир мертвых, преисподнюю. Датировка сказочного сюжета, известного по записям XIX в., определена ритуальным княжеским рогом середины X в., а тот, в свою очередь, оказался близок архаичному индоевропейскому мифу глубокой древности, с которым славяне могли познакомиться при участии греков-язычников, быть может, еще в «трояновы века», когда вплотную соприкоснулись с грекоязычным населением черноморского «лукоморья». Обработка и распространение мифов были делом «волхвов-кощунников», достаточно образованных для того, чтобы знать греческий фольклор и в греческом имени Анастасии сохранить семантику образа языческой Персефоны.

Возможно, что именно в жреческой «кощунной» среде была разработана в свое время интереснейшая и верная в своей основе периодизация первобытных верований.

В нашей науке оставался почти незатронутым вопрос о жреческом сословии в Древней Руси, а между тем роль и значение этого сословия в языческом государстве были очень велики. Язычество давно уже переросло формы примнтивного деревенского знахарства и развивалось параллельно усложнению социальной структуры.

Космологические представления древних славян к этому времени, по-вндимому, вполне сформировались, и элементы нового познания мира стаиовятся заметными не ранее XIV—XV вв.

Мир тогдашних язычников состоял из четырех частей: земли, двух небес и подземно-водной зоны. Это не являлось спецификой славянского язычества, а было результатом общечеловеческого развития представлений, которые варьировали в деталях, но в основном определялись этой схемой.

Труднее всего разгадать древние представления о земле, о большом земельном пространстве, наполненном реками, лесами, полями, зверьем и человеческими жилищами. У многих народов земля изображалась как округлая плоскость, окруженная водой. Вода конкретизировалась или как море (что вполне отвечало положению ойкумены людей Старого Света), или же в виде двух рек, омывающих землю, что, быть может, архаичнее и локальнее — где бы человек ни был, он всегда находился между каких-либо двух рек или речек, ограничивающих его ближайшее сухопутное пространство.

Судя по фольклору, славянские представления о море не имели законченного вида. Море где-то на краю земли. Оно может быть на севере, где на стеклянных горах находится хрустальный дворец Кощея Бессмертного, сверкающий всеми цветами радуги. Это — отражение знакомства с Ледовитым океаном. Море может быть обычным, без этих арктических признаков. Здесь ловят рыбу, плавают на кораблях, здесь находится сказочное девичье царство с каменными городами, отсюда, от морских берегов, Змей Горыныч направляется совершать свои налеты на святую Русь. Это — реальное историческое море (теперь Черное и Азовское), издавна известное славянам и даже носившее название «Русского моря», до которого от лесостепной окраины славянской прародины или (что то же самое) от южной окраины сколотских царств можно доскакать «скорою ездою», как говаривали в XVI в., всего лишь за три дня.

В этом море есть сказочный остров Буян, в котором без труда угадывается остров Березань (Борисфен), лежавший на наезженном пути в греческие земли. Там в X в. оснащались русские торговые корабли. Как вндим, Черное море не связано с космологическими представлениями о конце земли. Наоборот, за этим морем начиналось все «заморское», притягательное и лишь наполовину неведомое.

Огромные пространства великой Русской равнины, не имеющие четких естественных рубежей, определялись в русских сказках тем, что до последнего предела его необходимо проехать «тридевять земель, тридесять государств».

Для язычников был очень важен другой, аграрный, аспект земли: земля — почва, рождающая урожай, «мать-сыра-земля», почва, насыщенная влагой, питающей корни растений, «матушка-земля», с которой связан целый ряд обрядов и заклинаний. Здесь почти неощутима грань с воображаемым подземным сказочным миром. Богиней плодородия была Макошь, введенная в 980 г. в пантеон важнейших русских божеств.

Небо по-разному воспринималось первобытными людьми. Охотники палеолита, представлявшие мир как бы плоским, одноярусным, не интересовались небом, не изображали солнца, занимаясь лишь плоскостью своей тундры и животными, на которых они охотились. Охотники мезолита, разобщенные на небольшие группы, затерянные в бесконечной тайге, поне-

Святослава, был найден в 1874 г. турий рог, окованный позолоченным серебром с вычеканенными на нем фигурами и узорами. Произведенный мной анализ сюжетов чеканки показал, что на ритуальном роге изображен миф о смерти сказочно-былинного Кощея Бессмертиого и об освобождении от его власти Анастасии Прекрасной, связанной в сказках с расцветом весенне-летней природы. В победе над мертвящим началом Кощея участвуют высшие вещие силы, и прежде всего грифонообразный Див.

По многим признакам повествование об освобождении Анастасии (греч. «воскресение», «возрождение»), дочери Димитрия, близко к античному мифу об Аиде и похищенной им Персефоне (дочери Деметры), с которой связан весенне-летний расцвет природы. Кощей полностью отождествляется с Аидом, повелителем царства мертвых, так как «кощьное» означало мир мертвых, преисподнюю. Датировка сказочного сюжета, известного по записям XIX в., определена ритуальным княжеским рогом середины X в., а тот, в свою очередь, оказался близок архаичному индоевропейскому мифу глубокой древности, с которым славяне могли познакомиться при участии греков-язычников, быть может, еще в «трояновы века», когда вплотную соприкоснулись с грекоязычным населением черноморского «лукоморья». Обработка и распространение мифов были делом «волхвов-кощунников», достаточно образованных для того, чтобы знать греческий фольклор и в греческом имени Анастасии сохранить семантику образа языческой Персефоны.

Возможно, что именно в жреческой «кощунной» среде была разработана в свое время интереснейшая и верная в своей основе периодизация первобытных верований.

В нашей науке оставался почти незатронутым вопрос о жреческом сословии в Древней Руси, а между тем роль и значение этого сословия в языческом государстве были очень велики. Язычество давно уже переросло формы примитивного деревенского знахарства и развивалось параллельно усложнению социальной структуры.

Космологические представления древних славян к этому времени, по-вндимому, вполне сформировались, и элементы нового познания мира становятся заметными не ранее XIV—XV вв.

Мир тогдашних язычников состоял из четырех частей: земли, двух небес и подземно-водной зоны. Это не являлось спецификой славянского язычества, а было результатом общечеловеческого развития представлений, которые варьировали в деталях, но в основном определялись этой схемой.

Труднее всего разгадать древние представления о земле, о большом земельном пространстве, наполненном реками, лесами, полями, зверьем и человеческими жилищами. У многих народов земля изображалась как округлая плоскость, окруженная водой. Вода конкретизировалась или как море (что вполне отвечало положению ойкумены людей Старого Света), или же в виде двух рек, омывающих землю, что, быть может, архаичнее и локальнее — где бы человек ни был, он всегда находился между каких-либо двух рек или речек, ограничивающих его ближайшее сухопутное пространство.

Судя по фольклору, славянские представления о море не имели законченного вида. Море где-то на краю земли. Оно может быть на севере, где на стеклянных горах находится хрустальный дворец Кощея Бессмертиого, сверкающий всеми цветами радуги. Это — отражение знакомства с Ледовитым океаном. Море может быть обычным, без этих арктических признаков. Здесь ловят рыбу, плавают на кораблях, здесь находится сказочное девичье царство с каменными городами, отсюда, от морских берегов, Змей Горыныч направляется совершать свои налеты на святую Русь. Это — реальное историческое море (теперь Черное и Азовское), издавна известное славянам и даже носившее название «Русского моря», до которого от лесостепной окраины славянской прародины или (что то же самое) от южной окраины сколотских царств можно доскакать «скорою ездою», как говаривали в XVI в., всего лишь за три дня.

В этом море есть сказочный остров Буян, в котором без труда угадывается остров Березань (Борисфен), лежавший на наезженном пути в греческие земли. Там в X в. оснащались русские торговые корабли. Как видим, Черное море не связано с космологическими представлениями о конце земли. Наоборот, за этим морем начиналось все «заморское», притягательное и лишь наполовину неведомое.

Огромные пространства великой Русской равнины, не имеющие четких естественных рубежей, определялись в русских сказках тем, что до последнего предела его необходимо проехать «тридевять земель, тридесять государств».

Для язычников был очень важен другой, аграрный, аспект земли: земля — почва, рождающая урожай, «мать-сыра-земля», почва, насыщенная влагой, питающей корни растений, «матушка-земля», с которой связан целый ряд обрядов и заклинаний. Здесь почти неощутима грань с воображаемым подземным сказочным миром. Богиней плодородия была Макошь, введенная в 980 г. в пантеон важнейших русских божеств.

Небо по-разному воспринималось первобытными людьми. Охотники палеолита, представлявшие мир как бы плоским, одноярусным, не интересовались небом, не изображали солнца, занимаясь лишь плоскостью своей тундры и животными, на которых они охотились. Охотники мезолита, разобщенные на небольшие группы, затерянные в бесконечной тайге, поне-

6а—6б. Ручки ковшей –XIIIвв. с изображением ров. Новгород

7. Рукоять с головой ра. Новгород

ущественный Род, повелитель неба и всей ленной, дающий жизнь всему живому посред- ом дождевых капель.

Представления древних земледельцев о оении неба были очень своеобразными. Они никли еще на стадии энеолита, поэтому отра- ись в религиозных верованиях самых разных одов. В индийских ведах небо делится на два са: верхнее небо с запасами воды («Свах») и воздушное пространство со светилами («Бху- вах»), ниже находится земля — «Бхух». Анало- гичное членение неба дает Ветхий завет: грече- ский миссионер, убеждая князя Владимира при- нять новую веру, раскрывал перед ним основы христианского миропонимания: бог сотворил землю, воды на ней и воды на небе. Запасы дождевой воды на верхнем небе, над невидимым куполом небесной тверди — это «хляби небес-

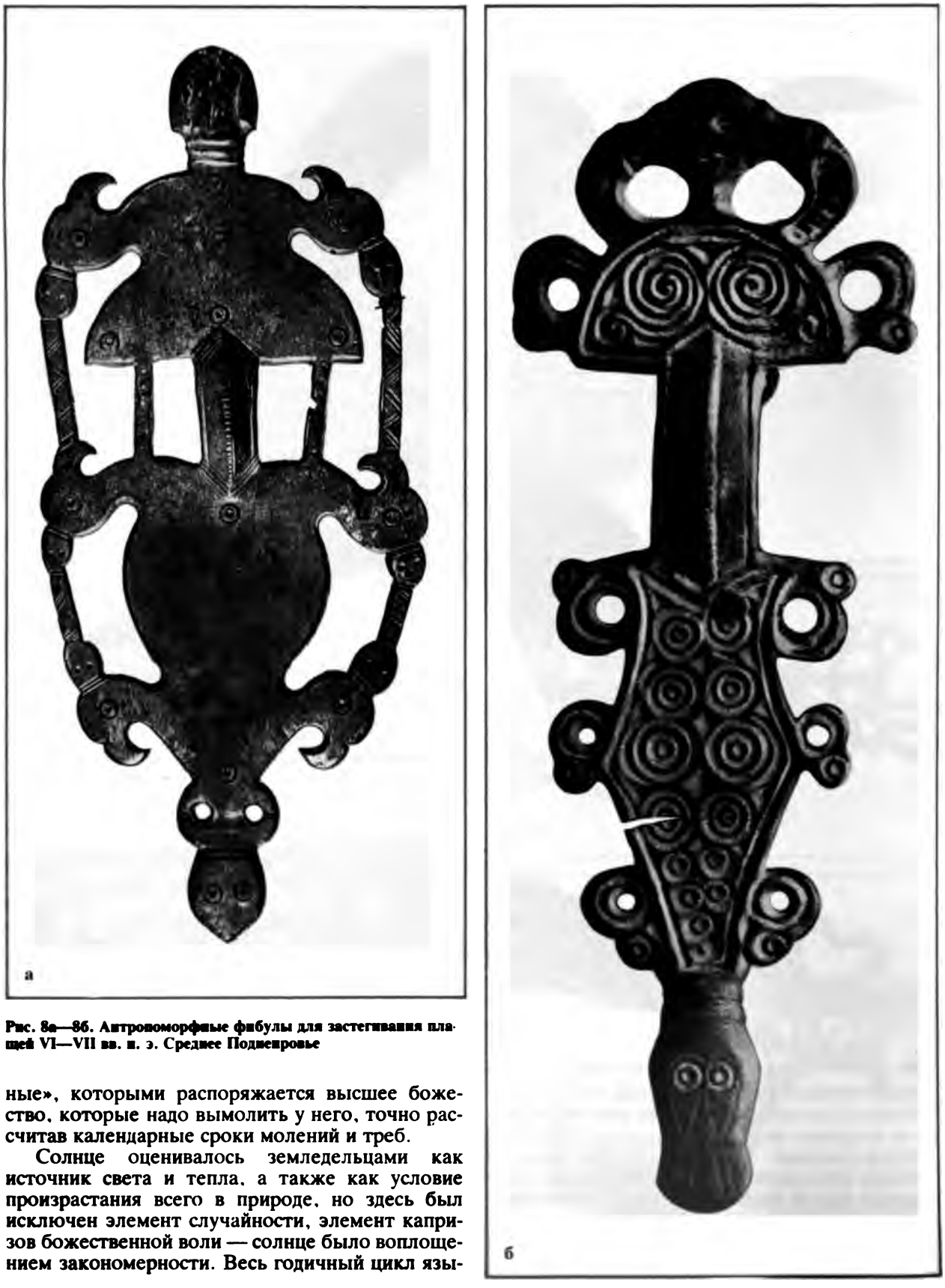


Рис. 8а—8б. Антропоморфные фибулы для застегивания плащей VI—VII вв. н. э. Среднее Поднепровье

ные», которыми распоряжается высшее божество, которые надо вымолить у него, точно рассчитав календарные сроки молений и треб.

Солнце оценивалось земледельцами как источник света и тепла, а также как условие произрастания всего в природе, но здесь был исключен элемент случайности, элемент капризов божественной воли — солнце было воплощением закономерности. Весь годичный цикл язы-

Рис. 6а—6б. Ручки ковшей XII—XIIIвв. с изображением ящеров. Новгород

а

б

Рис. 7. Рукоять с головой ящера. Новгород

могущественный Род, повелитель неба и всей Вселенной, дающий жизнь всему живому посредством дождевых капель.

Представления древних земледельцев о строении неба были очень своеобразными. Они возникли еще на стадии энеолита, поэтому отразились в религиозных верованиях самых разных народов. В индийских ведах небо делится на два яруса: верхнее небо с запасами воды («Свах») и воздушное пространство со светилами («Бхувах»), ниже находится земля — «Бхух». Аналогичное членение неба дает Ветхий завет: греческий миссионер, убеждая князя Владимира принять новую веру, раскрывал перед ним основы христианского миропонимания: бог сотворил землю, воды на ней и воды на небе. Запасы дождевой воды на верхнем небе, над невидимым куполом небесной тверди — это «хляби небес-

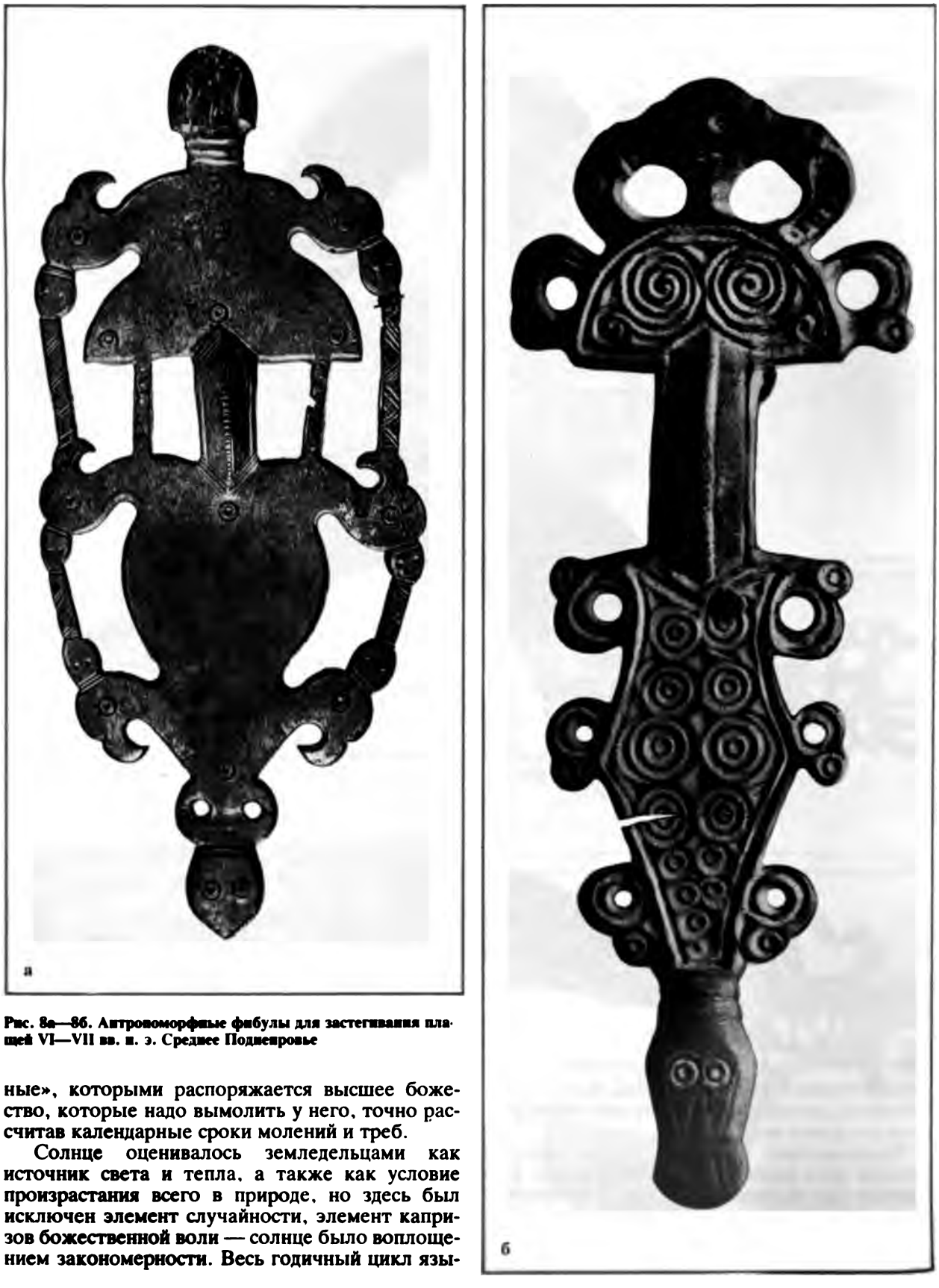


Рис. 8а—8б. Антропоморфные фибулы для застегивания плащей VI—VII вв. н. э. Среднее Поднепровье

ные», которыми распоряжается высшее божество, которые надо вымолить у него, точно рассчитав календарные сроки молений и треб.

Солнце оценивалось земледельцами как источник света и тепла, а также как условие произрастания всего в природе, но здесь был исключен элемент случайности, элемент капризов божественной воли — солнце было воплощением закономерности. Весь годичный цикл язы-

Рис. 9. Бронзовая арка из храма XIIв., представляющая как бы модель мира; с. Вщиж

ческих обрядов был построен на четырех солнечных фазах и подчинен 12 солнечным месяцам. В изобразительном искусстве всех веков солнце было для земледельцев символом добра, знаком света, разгоняющего тьму. Но роль этого важнейшего светила, так же как и роль неба, очень своеобразно воспринималась древними земледельцами. Во-первых, русские язычники, как и все народы древности, исходили из геоцентрических представлений о неподвижности земли, вокруг которой «ходит» солнце; во-вторых, в древности путались понятия солнца и освещенности. Солнце признавалось источником света и тепла; оно являлось особым божеством Хорсом, «Великим Хорсом» («Слово о полку Игореве»), от имени которого происходит наше современное наречие «хорошо», т. е. «солнечно». Но дневная освещенность мирового пространства приписывалась русскими людьми XII в. не только солнцу, но и некоему особому неописуемому бесвещественному свету, который, по-видимому, в более поздние времена именовался «белым светом». В такое понятие включалась не только освещенность земного и воздушного пространства, но и само пространство: «весь белый свет», «походить по белу-свету», «попал (стрелок) в белый свет, как в копеечку» и др.

Божеством солнца, солнечного дня (может быть, и «белого света») был Дажьбог, имя которого постепенно превратилось в имя «подателя благ» — Даждьбог, *«deus dator»*.

С солнцем был связан мифический родоначальник династии сколотских среднеднепровских «царей» Колаксай — «Солнце-царь». Фрагмент подобного мифа попал в летопись XII в., где Дажьбог назван «Солнцем-царем». Последний русский великий князь-язычник — Владимир — устойчиво именовался в былинном эпосе Владимиром Солнцем. В «Слове о полку Игореве» русские князья пра-пра-правнуки Владимира Солнца называются «дажьбожьими внуками».

Много интересного и нового открывает нам исследование представлений славян-язычников о

Рис. 10. Убранство русской избы XIX в. Показано солнце, идущее по небосводу

подземно-подводном ярусе мира. Здесь тоже много общечеловеческого, много отголосков той отдаленнейшей эпохи, когда после таяния гигантского ледника континенты были затоплены морями и озерами, быстро менявшими свои очертания, стремительными реками, пробивавшими горные кряжи, необъятными болотами в низких долинах.

В представлениях древних людей о подземном мире важным является общечеловеческий взгляд на подземный океан, в который опускается солнце на закате, плывет ночью и выплывает на другом конце земли утром. Ночное продвижение

Рис. 11. Теремок русской избы XIXв. Орнаментальная система изображает «картину мира»: солнце, идущее по небосводу; птицы, символизирующие небо; львы и русалка, символизирующие землю и земные воды

солнца, по их понятиям, осуществлялось водоплавающими птицами (утками, лебедями), а иногда действующей фигурой был подземный ящер, заглатывавший солнце вечером на западе и выпускавший его утром на востоке. Днем солнце по небу влекли кони или мощные птицы вроде лебедей. Это отразилось в заклинательной орнаментике ритуальной и бытовой посуды. В русской этнографии широко известны ковши, скобкари, ендовы*, ручки которых вырезаны в виде коней или в виде лебедей и уток; на груди коня или птицы — огромный знак солнца, а жидкость внутри сосуда, очевидно, символизировала мировой подземный океан. Новгородский археологический материал X—XIII вв. знает и архаичного ящера: есть целый ряд ручек ковшей, оформленных в виде головы ящера.

Славянские изобразительные материалы, дающие схему макрокосма, известны с середины I тысячелетия н.э. Таковы, например, антропоморфные фибулы из Среднего Поднепровья (из «Русской земли» в узком смысле — этот термин возник, очевидно, не без связи с районом реки Роси, где во все времена сосредотачивались наиболее яркие археологические памятники днепровских земледельцев). Сложная композиция состоит из трех ярусов: земной (невыразительный) ярус, от которого вверх и вниз устремляются лебеди; верхний ярус венчает мужская фигура(очевидно, Дажьбога), от которой вниз идут условные двуголовые змеи с зигзагом—символом дождя. Дождевые змеи расположены и в нижнем ярусе, завершающемся крупной мордой ящера. Схема макрокосма подчинена идее дождя, небесной воды, которая струится сверху, от повелителя небес к земле и под землю. Предельные точки вертикального разреза мира здесь персонифицированы Дажьбогом и Ящером. Частые изображения ящера на вещах из Среднего Поднепровья и с берегов Роси, может быть, как-то связаны с тем, что посреди русла Роси в городе Корсуни есть длинный гранитный островок (около 150 м), чрезвычайно напоминающий ящера: острая морда с узкими глазами, лапы, длинный хвост.

В Новгороде Великом до утверждения там государственного языческого культа Перуна существовало святилище «Бога-Крокодила». Новгородские гусли украшались сценами жертвоприношения ящеру, на украинских бандурах часто встречаются изображения ящеров и волн.

Место ящера в системе макрокосма лучше всего определено знаменитыми вщижскими** арками XII в. работы мастера Константина. Две

а

Рис. 12а—12в. Деревенские солонки XIX в. с изображением солнечных знаков

бронзовые арки представляли собой металлический каркас модели мира, устанавливаемой в качестве напрестольной сени на алтаре княжеской церкви. В каждой арке тремя кругами показаны три позиции движущегося по небосводу солнца: восход, зенит, закат. На уровне земли изображен языческий бог растений и корней — Семаргл (с XII—XIII вв. его начинают называть Переплутом). Снизу к этому уровню землипочвы тянется огромная голова ящера, олицетворяющего подземный мир.

Вщижская модель мира — прекрасный образец русского двоеверия второй половины XII в.

Средневековые люди независимо от того, были они крещены или нет, продолжали верить в прадедовскую дуалистическую схему сил, управляющих миром, и всеми архаичными мерами старались оградить себя, свое жилище и имущество от действия вампиров и навий (чужих, враждебных мертвецов). Для этой цели служили сотни словесных заговоров; в них с необычайной подробностью и конкретностью перечислялись все разделы природы, все категории людей, животных, птиц, которые могут оказаться источником зла.

Кроме словесных заговоров и разнообразных заклинательных действий, важную роль играла

Ендова́ — деревянный или металлический древнерусский сосуд ладьевидной округлой формы с широким горлом, употреблявшийся для разлива напитков на пирах. — *Ред.*

** Вщиж — древнерусский город XI—XIII вв. на р. Десне, ныне село Жуковского района Брянской обл. — *Ред.*

б

в

языческая знаковая система, разнообразный орнамент на жилище, утвари, одежде. Легко разгадываются знаки солнца, изображения животных, символы засеянного поля и т. д. Однако удалось установить значительно больше, чем использование отдельных разрозненных знаков. Древнерусский язычник, ожидавший опасности от всего мира, по которому дуют «злые ветры», и защищался не отдельными элементами мира, а системой мироздания, взятой в ее естественной динамике. В защитно-заклинательную орнаментацию русской избы, сохранившей, как показывают археологические материалы XI—XIII вв., много древних черт, введены: «хляби небесные», символы земли. Введены они весьма продуманно. Солнце показано, как и на вщижской модели мира, трижды — восходящим и заходящим в местах соприкосновения кровли со срубом и в полдневном, зенитном положении наверху на щипце крыши. Другими словами, солнце показано в своем закономерном расчисленном движении. Человеческая «хоромина» защищена от упырей и навий (иногда носителей эпидемических болезней) всей системой макрокосма, в котором часы ночного мрака закономерно сменяются часами дня, «белого света». Языческие волхвы умело и мудро противопоставили сонму невидимых враждебных сил такой непобедимый и безупречный в своем движении механизм, как макрокосм. Утварь внутри дома, как мы видели на примере ковшей с солнцем, конями и ящерами, тоже несла макрокосмическую защитную символику.

Когда человек покидал свой дом-крепость, то овеществленные заговоры, как можно назвать орнамент, должны были быть перенесены на одежду. Все предметы, связанные с изготовлением полотна для одежды (вальки, трепала для льна, прялки), густо оснащены заклинательными знаками. Сама одежда, особенно женская, была насыщена символикой, опять-таки воспроизводящей макрокосм. Головной убор украшался изображениями солнца и птиц. Сами народные названия головных уборов связаны с птицами: «сорока», «кокошник» (от «кокоши» — курицы), «кичка» (утка) и т. п. Декоративные ленты, спускающиеся от кокошника к груди («рясны»), имитируют дождь. На рубахах и поневах вышиты символы засеянного поля, земли, а на свисающих вниз концах поясов — головы ящеров. Снова язычники прибегают к модели мира, снова микрокосм человеческого быта (дом, одежда, украшения) воспроизводит макрокосм, мир в его нераздельном целом. Привнесение элементов динамики (движущееся по небосводу солнце, идущий дождь) должно было увеличить заклинательную силу этой глубоко продуманной и надолго вошедшей в народную жизнь колдовской орнаментации.

Обороной от упырей и навий служили также

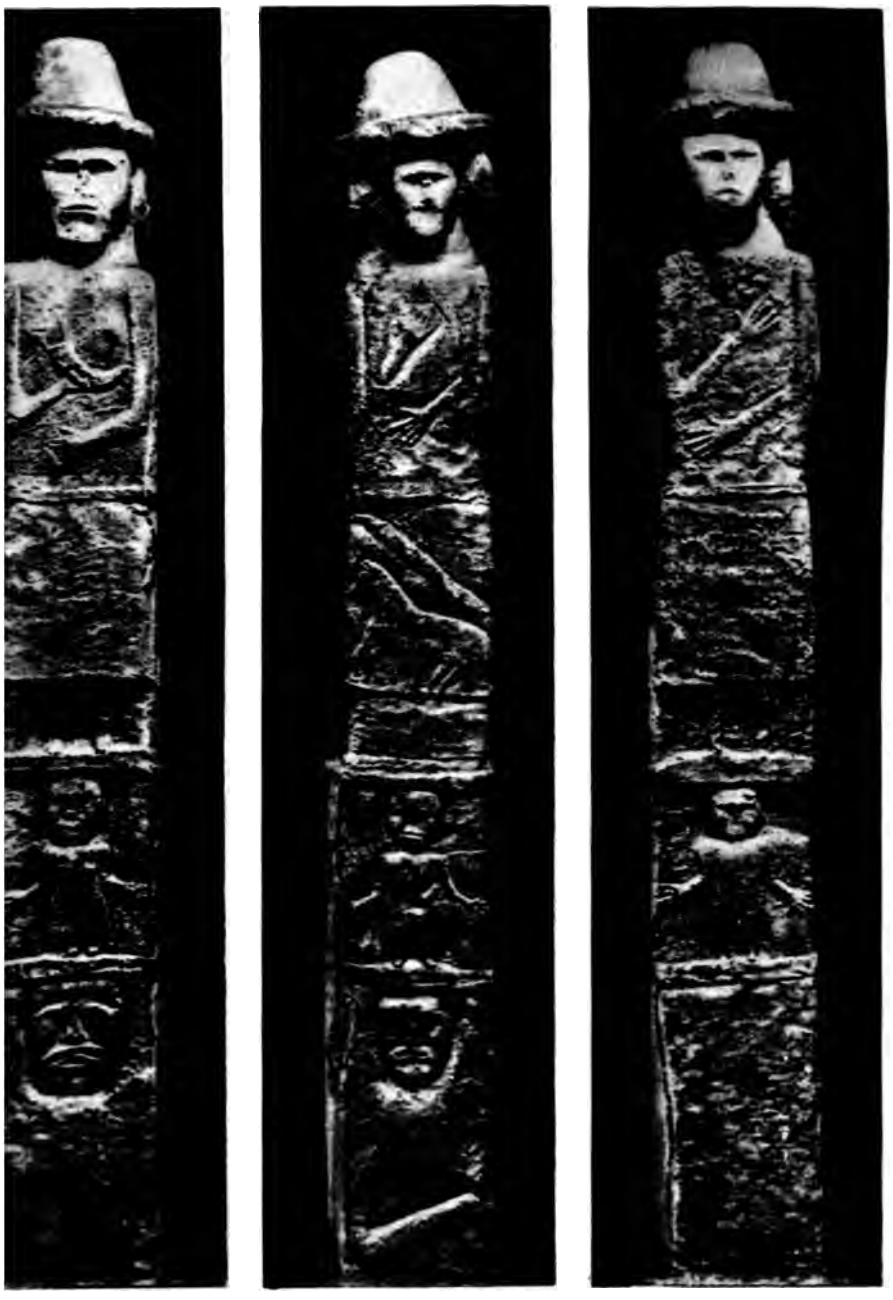
Рис. 13. Амулеты-обереги из разных курганов XI — XII вв.

специальные амулеты-обереги, среди которых встречаются изображения хищных зверей (например, рыси, «лютого зверя»), которые должны охранять от зла.

Славянское язычество достигло апогея накануне образования Киевской державы и в первые два столетия ее формирования (IX—X вв.), когда культ Перуна, бога грозы и покровителя воинов и князей, стал государственным культом Киевской Руси.

Высшая фаза предгосударственного язычества отражена знаменитым Збручским идолом*, условно названным Святовитом. В последние годы ученые-археологи И. П. Русанова и Б. А. Тимощук сделали очень важное открытие, обнаружив и исследовав то святилище, где первоначально этот идол находился. Святилище на высокой горе Богит существовало со сколотских (скифских) времен. Для расшифровки девяти антропоморфных изображений и общей формы каменного идола можно предложить следующее истолкование: скульптурная композиция четы-

* Збручский идол — скульптурное изображение славянского божества в виде столба с четырехликой головой. Найден в 1848 г. в р. Збруч (приток Днепра). — *Ред.*



**. Збручский идол IX—X вв. Четыре грани. В верх-
ем изображены славянские языческие божества.
направо: Макошь, Перун, Дажьбог, Лада**

анного идола делится на три горизонталь-
оны, соответствующие представлениям о
туре макрокосма: небо, земля, подземный
Земная зона на всех четырех гранях содер-
изображения простых людей, мужчин и
ин; одна из женщин на лицевой грани — с
ком.

одземная зона представлена одним боже-
, держащим земную плоскость. Можно
тавить его с Волосом.

На главной лицевой грани, обращен
север, ко входу в капище, изображена
плодородия с турьим рогом изобилия в ру
Макошь — «мать урожая». По правую
Макоши изображена Лада со свадебным
цом в руке. По левую руку главной богин
на третьем месте, изваян Перун с ко
мечом. На задней грани — Дажьбог с солн
знаком; лицо его смотрит, как и положен
нечному божеству, на юг.

Всему изваянию, выкрашенному в кр
цвет, придана фаллическая форма, что
чается и у других идолов. Вполне возмож
волхвы, знатоки и творцы мифологии,

хотели показать синтез божеств с отдельными, ограниченными функциями, их слитность в божестве всей Вселенной, каковым являлся архаичный Род.

Эта интереснейшая композиция, датируемая примерно IX—X вв., — высшее достижение языческой теологии первобытности на самой последней ступени эпохи военной демократни. Перун с конем и оружием здесь уже есть, но он помещен на третьем (а если числить и самого Рода, то на четвертом) месте. Племенная знать, вооруженные всадники уже есть, но они не главенствуют, как не первенствует их божество.

Очень важно сопоставить композицию збручского идола с пантеоном Владимира 980 г. Прошло несколько более столетия, и княжеский Перун выдвинулся на самое важное место, возглавив весь пантеон. И когда, после принятия христианства, описывалось свержение языческих идолов, то речь шла только об одном Перуне; остальные боги не удостоились внимания летописца.

При князьях Святославе и Владимире (X—XI вв.) язычество стало государственной религией Руси, религией князей и дружинников. Оно укреплялось и воскрешало старинные, начавшие отмирать обряды. В Киеве в X в. уже были и христиане: крестились (начиная со второй половины IX в.) некоторые русские люди, христианами была часть наемных варягов. Христианским было враждебное Руси могущественное государство — Византийская империя, в годы мира оживленно торговавшая с Русью.

Византия стремилась внедрить на Руси христианство, так как по греческой доктрине народ, принявший новую веру из рук императора и патриарха, тем самым уже становился вассалом Византии. Князь Святослав прекрасно понимал это. Обновленное язычество X в. формировалось в условиях соперничества с христианством, что сказалось не только в устройстве пышных княжеских погребальных костров, в гонениях на христиан и разрушении православных церквей Святославом, но и в более тонкой форме противопоставления русской языческой теологии греческой христианской.

Новый русский пантеон был противопоставлен христианскому, но противопоставлен таким образом, что он был и сопоставим с христианским (за исключением Перуна):

Христианство	*Язычество*
Бог-отец, творец мира	Стрибог — «бог-отец» (он же — Сварог, т. е. «Небесный»)
Бог-сын, Иисус-Христос	Дажьбог — бог-сын небесного бога Сварога (ему придан Хорс, бог светила Солнца)
Бог-дух святой	Крылатые фантастические животные-птицы (Семаргл)
Женское божество — богородица Мария	Богиня плодородия Макошь

Жрецы, придумавшие новый пантеон, пытались, судя по приведенным сближениям, уменьшить внешнее различие между язычеством и христианством.

Анализируя вновь фрагменты русского летописания IX—X вв., можно утверждать, что в языческом государстве Руси велись свои летописи. Первые следы киевского летописания относятся к концу IX в. (867—875) и к деятельности киевского князя Осколда, вероломно убитого варягом Олегом в 882 г. В этих отрывках нет никакого следа христианства и явно ощущается антиваряжская настроенность автора.

Вторично языческую (и тоже антиваряж-

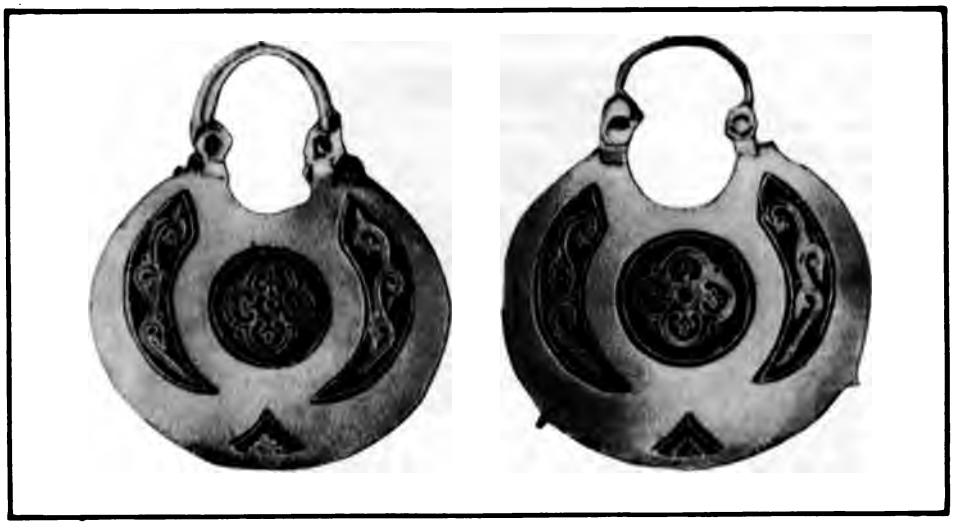


Рис. 15. Золотые колты (подвески к головному убору) с языческими символами;XII в.

скую) летопись мы видим в описании княжения Игоря и Ольги (912—946). Здесь прославляется мудрость и волшебная сила волхвов, которые предрекли неумолимую смерть Олегу от своего коня, что равнялось мифологическому предсказанию смерти Кощея от своей стрелы и реальной клятве при заключении договора 944 г., где говорится, что нарушители клятвы «посечени будуть мечи своими, от стрел и от иного оружья своего».

Известный рассказ о мести княгини Ольги древлянам, убившим Игоря (существующий в русской и проваряжской версиях), написан рукой русского летописца-язычника, восхваляющего мудрую жестокость княгини, убившей два древлянских посольства и приказавшей изрубить на тризне тысячи древлян. В тексте летописи нет ни одного слова осуждения кровавых дел княгини Ольги, нет даже естественного для средневековых церковных писателей противопоставления: язычница Ольга творила бесчеловечные, греховные дела, а через год-два стала христианкой и ничем не запятнала себя.

Обычно этот раздел «Повести временных лет»* трактуется как более поздняя запись устных киевских сказаний, но против этого, как мне думается, опять-таки свидетельствует полное отсутствие оценок со стороны летописца-христианина. В этом случае молчание равносильно согласию. Иное дело, если в руках летописца XI—XII вв. был написанный ранее текст языческой летописи — тогда его ответственность значительно уменьшалась.

Последний раздел киевской языческой летописи (964—980) относится в основном к эпохе Святослава и, возможно, пополнен за счет «вештьб витезовых» (рыцарских прославлений), но тоже лишен каких бы то ни было признаков христианской книжности. Вполне естественно, что у князя-язычника был и летописец-язычник. Относился ли этот писатель к «волшебникам», сказать трудно, но началось русское летописное дело явно в среде жреческого сословия в княжение Игоря Старого. Пушкин в своей «Песне о вещем Олеге» обессмертил одно из первых произведений русских летописцев-волхвов первой половины X в., написанное в укор зазнавшемуся конунгу (военному вождю) и в защиту русских предсказателей.

Ко времени принятия христианства в конце 980-х годов греческое духовенство застало на Руси не только примитивное суеверие деревни, но и государственную языческую религию города и социальных верхов с разработанным космологическим эпосом, с представлениями о божественном происхождении великокняжеской власти (Владимир Солнце...), разнообразным ритуалом и разветвленным жреческим сословием, владевшим тайнами тонко разработанной символики и новоизобретенной славянской письменностью. Важно отметить, что жреческое сословие было настроено как против христиан-греков, так и против варягов.

Волхвы в деревне и в демократической части городского посада существовали еще очень долго: вплоть до XVII—XVIII вв. в церковных требниках стоят вопросы к исповедующимся — не ходил ли к волхвам, не исполнял ли их указаний?

Русская православная церковь создала за XI—XIII вв. целый ряд поучений против язычества, которые свидетельствуют о прочности и устойчивости не только языческих воззрений, но и открытых языческих игрищ, производившихся даже на городских площадях. Переписывались такие поучения вплоть до XVII в.

Что касается христианизации русских социальных верхов, то подчеркнем еще раз: нам, очевидно, следует внести некоторые поправки в

* «Повесть временных лет» — общерусский летописный свод, составленный в Киеве в XII в. Нестором. Она положена в основу большинства сохранившихся летописных сводов. — *Ред.*

установившуюся схему: «в деревне — язычество, в городе — православие». Языческие верования, обряды, заговоры, формировавшиеся тысячелетиями, не могли бесследно исчезнуть сразу после принятия новой веры. Существенных, принципиальных отличий нового от старого не было: и в язычестве, и в христианстве одинаково признавался единый владыка Вселенной; и там и здесь существовали невидимые силы низших разрядов; и там и здесь производились моления-богослужения и магические обряды с заклинаниями-молитвами; там и здесь каркасом годичного цикла празднеств были солнечные фазы; там и здесь существовало понятие «души» и ее бессмертия, ее существования в загробном мире, таком же дуалистически противоречивом, как и этот «белый свет». Поэтому перемена веры расценивалась не как смена убеждений, а как перемена формы обрядности и замена имен божеств. В новом духовенстве народ возмущало противоречие между прописной моралью и реальным бытом, между показным аскетизмом и «сребролюбием» и чревоугодием «череву работных попов».

Падение авторитета церкви уменьшало силу церковных поучений против язычества, которое в XI—XIII вв. не угасало во всех слоях русского общества, а перешло на полулегальное положение, так как церковные и светские власти применяли к языческим волхвам суровые меры вплоть до публичного аутодафе.

Во второй половине XII в. наблюдается возрождение язычества в городах и в княжеско-боярских кругах. Церковь нужна государству как значительная идеологическая сила, подкрепляющая авторитет власти, объявляющая греховным всякое нарушение существующего порядка как богоустановленного. Но княжеско-боярские круги были крайне недовольны вмешательством церкви в их традиционный быт. Примером могут служить воспетые былинами княжеские пиры, являвшиеся своеобразной «боярской думой». На этих пирах в урочные дни обязательной была мясная (языческая ритуальная) пища. Церковь запрещала ее в постные дни. Конфликт с церковниками из-за «мясоядения» принял общерусские размеры.

Объяснением возрождения язычества отчасти может служить оформившаяся с 1130-х годов кристаллизация полутора десятков крупных княжеств-королевств с устойчивыми своими династиями, с усилившейся ролью местного боярства и более подчиненным положением епископата, оказавшегося в зависимости от князя. Бояре-вотчинники, владельцы нив, называвшихся «жизнью», по всей вероятности, разделяли народные прадедовские взгляды на аграрную заклинательную магию, главную часть язычества.

Обновление язычества сказалось в зарождении нового учения о неисповедимом свете, отличном от солнца, в культе женского божества (отдельного от богородицы), в появлении скульптурных изображений божества света. Церковному стандарту противопоставлялось новое, поднимающееся на новую теологическую высоту язычество. Церковники XII в. спорили с языческими богословами, закрепляя свои тезисы в надписях-граффити на стенах соборов, где утверждали, что не «бес», не языческое божество может «разведрить (прояснить) небо» и «потрясти облака», а христианский бог («Бог то сотвори!»).

Появляются летописцы, совершенно чуждые церковной фразеологии, церковному счету времени и самое главное — христианскому провиденциализму*. Таков, например, киевский боярин Петр Бориславич, писавший в 1140—1180-е годы.

Ярким примером нового, более светского, отношения к литературе является «Слово о полку Игореве». Христианский бог упомянут здесь лишь дважды: 1) князю Всеславу не миновать суда божьего; 2) Игорю бог путь кажет. Ни в запеве поэмы, ни при отправлении войска в поход, ни при гибели воинов Игоря, ни при описании блистательной победы над Кобяком в 1184 г. — ни в одном из тех случаев, когда обычай требовал упоминания божьего имени, в «Слове» церковного христианского бога нет.

Зато в поэме есть языческий небесный боготец Стрибог и его внуки — ветры, есть «трисветлое» («идущее по небосводу») солнце, есть древний Велес (поэт Боян — его внук), есть Великий Хорс и славянские эринии — Карна и Желя. Русские князья дважды определены в великой поэме как внуки Дажьбога. Автор «Слова», предвосхищая поэтов Ренессанса, широко пользовавшихся образами античного язычества, воскрешает для своих слушателей родную языческую романтику.

Неоценимым источником по язычеству русских социальных верхов XII—XIII вв. являются клады золотых и серебряных предметов женского убора, зарытые во время нашествия Батыя. Принцип воспроизведения макрокосма в микрокосме личного убора проведен здесь последовательно: головной убор, очелья, диадемы — небо; рясны — дождь; колты, завершающие рясны внизу у груди, — посланцы неба: птицы-сирины, русалки с турьими рогами для полива ростков, грифоны и семарглы, божества жизни и растений. В ожерельях — земные растения и разные символы плодородия. Свисающие вниз концы пояса довершают картину мира — они украшены мордами ящеров.

Каждая отдельная вещь украшена особым, тонко продуманным символическим узором, насыщенным аграрной заклинательной тематикой. Растительный узор изображен в двух

* Вера в божественное предопределение человеческих судеб.

Рис. 16. Серебряный браслет XII в. Старая Рязань

Рис. 17. Жертвоприношение Переплуту (деталь ритуального браслета)

вариантах: заклинание ростка (показаны фазы развития растения) и заклинание пространства, повсеместности (четырехчастная композиция из ростков), что может быть выражено словесной формулой: «пусть все растет и пусть везде растет!»

На таких же предметах к началу XIII в. появляются христианские изображения: семарглов и грифонов сменяют святые Борис и Глеб, а возносящегося на небо Александра Македонского — Иисус Христос. Это, во-первых, дает нам дату конца языческого возрождения (рубеж XII и XIII вв.), а во-вторых, полностью подтверждает сознательное применение на раннем этапе языческой символики, имевшей не декоративный, а сакральный, магический характер; она была сменена бесспорно сакральными христианскими символами.

Совершенно исключительный интерес представляют те украшения из драгоценных гарнитуров русских княгинь, на которых никогда не встречаются христианские изображения. Это широкие серебряные браслеты, служнвшие для удержания длинных рукавов женской ритуальной одежды. При исполнении языческого танца плодородия женщины распускали рукава, взмахивали ими, подражая крыльям русалок. Такие

весенние танцы «русалок» дожили до начала XX в. и отражены в сказке о царевне-лягушке, где жена царевича заставляет своей пляской оживать всю природу.

На серебряных браслетах гравировались символы воды, растительности и, что особенно важно, изображались различные эпизоды языческих «русалий»: танец с распущенными рукавами, гусляры и домрачеи, питье из рогов (в честь бога растений Переплута), жертвоприношение Переплуту, обряд заклинания семян и посевов в поле, весенние пляски журавлей, празднование Купалы и др.

Невозможность появления княгини в таком подчеркнуто ритуальном языческом наряде в церкви или на парадном обеде совершенно ясна. Широкое распространение таких языческих наручей во всех стольных городах исключает случайность. Остается допустить, что знатные женщины XII—XIII вв. участвовали в языческих обрядах и, по всей вероятности, возглавляли, открывали своим танцем общенародное празднество русалий. Именно так поступил потомок людей этого поколения (в 11—12-м колене) Иван Грозный, который лично «вешнюю пашню пахал и гречиху сеял», т. е. как старший по положению открыл языческий, по существу, обряд первой вспашки и первого сева.

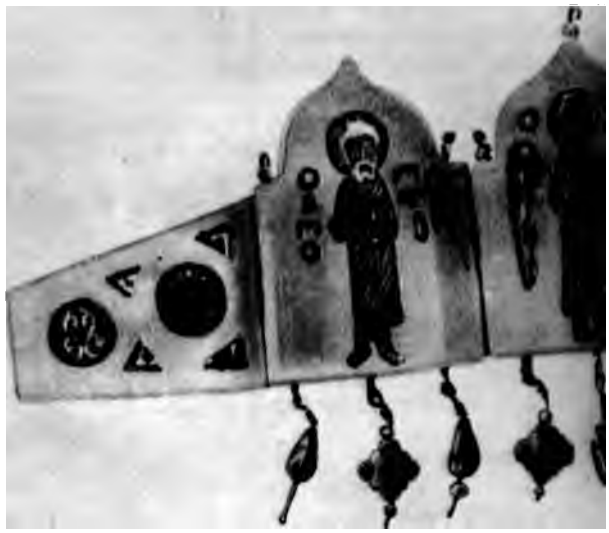


Рис. 18. Золотая диадема киевской княгини. В центре — «вознесение Александра Македонского»; по сторонам — растительный орнамент. Середина XII в.

Увлечение языческой стариной было в какой-то мере эмансипацией от церковной догматики, от греческих форм культа, поиском своих национальных религиозных воззрений и обрядов.

Возрожденное в начале феодальной раздробленности язычество было далеко не таким первобытно-натуралистическим, каким оно представлено в Збручской композиции, и не таким конкретно-воинственным, как в пантеоне 980 г. Теперь, в эпоху наивысшего расцвета русских княжеств, достигших уровня передовых европейских стран, национальная, прадедовская вера обрела новую, более возвышенную форму культа света, солнечного света, «тресветлого солнца». Главным персонажем, предметом почти открытого почитания стал не фаллический Род, не Перун, требовавший кровавых жертв, а солнечный бог света (во всех средневековых смыслах этого слова), т. е. сын небесного Сварога, Солнце-царь Дажьбог. Можно думать, что в завуалированном виде этот культ проник даже в церковное искусство. Мы уже видели модель

Рис. 19. Золотая диадема киевской княгини с изображением христианского «деисусного чина». Иисус Христос заменил языческую композицию «Вознесение Александра Македонского». 1230-е годы

ира, изготовленную, по всей вероятности, одним из мастеров Андрея Боголюбского для церкви во Вщиже, где княгиней была его дочь. На церковном алтаре находились бронзовые врата, где верхняя небесная часть была представлена движущимся по небу тресветлым солнцем, а нижний мир олнцетворялся (отсутствующими в византийской схеме) огромными ящерами.

Как показали мои изыскания, новая небесная символика нашла своеобразное выражение в широко распространенной общеевропейской композиции «Вознесение Александра Македонского на небо», которая внешне не могла быть истолкована церковниками как противопоставление Христу. Тем не менее на диадеме великой княгини 1160-х годов в центре композиции помещен персонаж, напоминающий Александра («помогающего людям»), а на более поздней диадеме другой великой княгини 1230-х годов на этом месте оказывается уже Иисус Христос во главе основных христианских святых.

В конце XII в. композиция «вознесение Александра» помещается уже в закомаре великолепного Дмитровского собора во Владимире. Подобная композиция схематизируется, приобретает массовое распространение в золотом шитье и становится легальной формой культа солнечно-небесного божества. От церковников это потребовало ответа формами того же прикладного искусства: подвесная иконка XIII в. с изображением Христа была снабжена назидательной надписью «Аз есмь свет!».

В результате целого ряда сложных явлений на Руси к началу XIII в. создалось и в деревне и в городе своеобразное двоеверие, при котором деревия просто продолжала свою прадедовскую религиозную жизнь, числясь крещеной, а город и княжеско-боярские круги, приняв многое из церковной сферы и широко пользуясь социальной стороной христианства, не только не забывали своего язычества с его богатой мифологией, укоренившимися обрядами и жизнерадостными карнавалами-игрищами с их танцами, музыкой гусляров и пением, но и поднимали свою старинную, гонимую церковью религию на более высокий уровень, соответствующий расцвету русских земель в XII в.

Таков, как мне представляется, сложный многовековый путь славянского и русского язычества. Несмотря на тысячелетнее господство государственной православной церкви, языческие воззрения были народной верой и вплоть до XX в. проявлялись в обрядах, хороводных играх, песнях, сказках и народном искусстве.

Дитрих МАНИА (Mania) (р. 1938) — немецкий (ГДР) археолог, геолог и палеонтолог.
С 1956 по 1961 учился в Университете имени М. Лютера в Галле-Витенберге по специальности первобытная и древняя история. В 1970 закончил аспирантуру геологическо-палеонтологического факультета того же университета.
В 1965 получил ученую степень кандидата наук, а в 1970 — доктора наук по специальностям стратиграфия, экология, палеонтология и климат ледниковой эпохи Центральной Европы.
С 1970 работает в краеведческом музее первобытной истории в Галле.
В 1969 открыл остатки ископаемого человека в Бильцингслебене. С 1972 по заданию Министерства высшего и специального образования ГДР руководит раскопками этой стоянки.
Основные направления исследований — археология ледникового периода, четвертичная геология, четвертичная палеонтология (фауна моллюсков), палеоэкология, палеоклиматология.

Д. МАНИА

Бильцингслебен — стоянка первобытного человека

Впервые наука получила столь полное представление о людях, живших в Европе 300 000 лет назад — в середине ледникового периода. Открытие этой стоянки позволило узнать, как вели свое хозяйство древние охотники и собиратели, каков был у них общественный уклад, какова среда обитания

В 1969 г. под Бильцингслебеном, небольшим населенным пунктом у северо-восточной границы Тюрингии, в 45 км севернее города Эрфурта была обнаружена стоянка первобытных людей эпохи палеолита. Изобилие найденных остатков и относительно древний их возраст послужили поводом для дальнейших поисков. Раскопки проводит краеведческий исторический музей г. Галле по поручению Министерства высшего и специального образования.

Находки такого рода редко встречаются в Европе, и археологи не обманулись в своих ожиданиях: уже в первые годы раскопок и далее ежегодно обнаруживались останки черепа ископаемого человека. В ходе работы были найдены также сохранившиеся в земле отдельные свидетельства древней культуры: каменные, костяные и роговые орудия, отходы материала, из которого их изготавливали, расколотые кости животных и, наконец, следы поселения — очертания простейших жилищ, очаги и т. д. Выяснилось, что на этом месте была стоянка небольшой группы охотников ледникового периода, которая существовала в сравнительно теплый климатический период около 300 000 лет назад в низменных и гористых районах между северными предгорьями Тюрингского леса, Гарцем и Эльбой.

До сих пор ученым были неизвестны стоянки древнего человека, жившего в Европе в середине ледникового периода, которые сохранились в такой степени и располагают таким богатым материалом. Находка помогла узнать много нового об общественном укладе, хозяйстве и среде обитания охотников и собирателей того времени. Кроме того, обнаруженные останки людей позволяют пополнить уже имеющиеся сведения о биологическом и филогенетическом аспектах проблемы.

Горизонт, содержащий находки, представляет собой последовательность ледниковых отложений. Они состоят в основном из осадочных известняковых пород, так называемого травертина, а также из мелкого обломочного материала. Геологические условия предъявляют к методам раскопок особые требования как археологического, так и естественнонаучного характера. В ходе исследования сформировался коллектив различных специалистов: геологов, палеонтологов, археологов, антропологов, геохимиков и физиков. Результаты их работы нашли отражение в многочисленных выступлениях, а также в трехтомном труде (Бильцингслебен I—III).

Особенностью горизонта, содержащего находки, в Бильцингслебене является точная геохронологическая фиксация. Уже исходя из наличия ледниковых отложений в районе раскопок и из их взаимного расположения (сверху, снизу или на одном уровне), геологи могут проследить процессы, протекавшие в ледниковом периоде. Горизонт, содержащий находки, относится к теплому периоду между двумя первыми крупными североевропейскими оледенениями — эльстерским и заальским. Из этого был сделан вывод о том, что возраст слоя, как уже сказано, составляет около 300 000 лет, в то время как радиометрические исследования при помощи изотопа тория 230 дали несколько иные оценки возраста — от 200 000 до 350 000 лет. Геохронологически стоянка у Бильцингслебена не принадлежит к числу самых древних в Европе — находки в Вертешцёллеше под Будапештом; гейдельбергская нижняя челюсть и некоторые находки в южной Франции древнее. Но ее материалы позволяют воссоздать картину жизни первобытного человека в Центральной Европе в таком объеме, который ранее не мог быть достигнут. Вместе с перечисленными выше находками эта стоянка относится ко времени, когда умеренные широты Европы и Азии стали заселяться первобытными людьми из более теплых южных районов.

Большой интерес специалистов вызвали найденные в Бильцингслебене останки ископаемых людей — семь фрагментов черепа и несколько зубов, причем некоторые зубы принадлежат

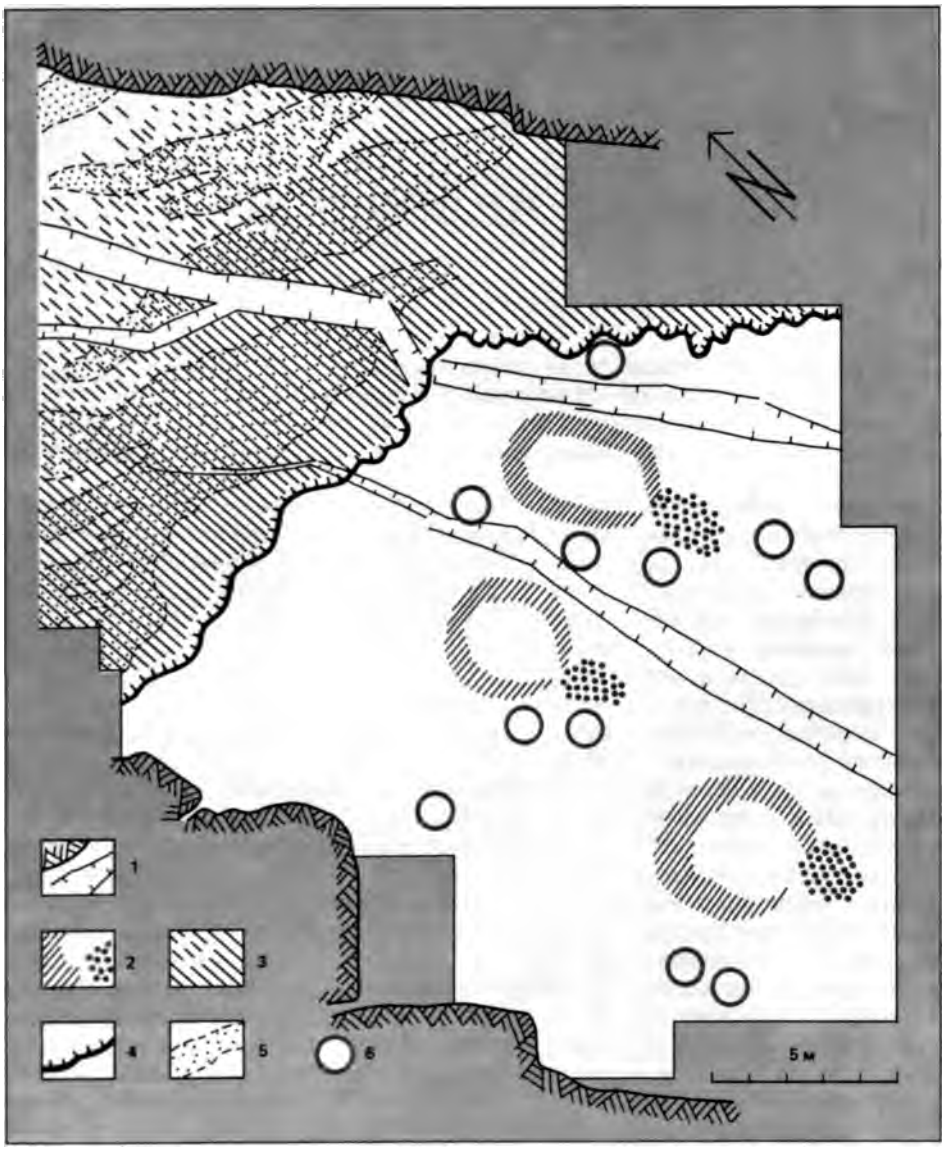


Рис. 1. Бильцингслебен. Фрагмент участка раскопок (схема): 1 — каменная стена и осколки; 2 — очертания жилищ и очаги; 3 — зона сброса костей животных; 4 — берег реки; 5 — русло ручья; 6 — рабочие места

Рис. 2. Вид на береговую зону с многочисленными остатками костей млекопитающих и каменными орудиями

очевидно, разным индивидуумам. Фрагменты черепа представлены частями затылочной *(Os occipitale)*, лобной *(Os frontale)* и теменной костей *(Os parietale)*. Особенно важное значение для морфологических исследований, проводимых в Праге доктором Е. Влчеком, имеют части затылочной и лобной костей. Он обнаружил, например, мощный затылочный валик *(Torus occipitalis)*, к которому прикреплялась сильная затылочная мускулатура; характерный перегиб затылка; сильно выступающий сплошной надглазничный валик *(Torus supraorbitalis)*, резко выраженные височные линии, служившие местом прикрепления жевательных мышц *(Lineae temporales)*, большую массивность кости. Эти признаки характерны для ископаемого человека вида (*Homo erectus)*. Наибольшее сходство эти останки имеют с находками, относящимися именно к *Homo erectus*, в первую очередь с находками из Олдовая на севере Танзании (гоминид 9), Сангирана на Яве (питекантроп VIII) и Чоукоудяия под Пекином (синантроп III). Не выявлено, напротив, никакого сходства с так называемыми раннесапиентными европейскими формами (пресапиенсами), к которым относятся находки из Штайнхайма (ФРГ), Сванскомба (Англия), Тотавеля (Южная Франция) и Эрингсдорфа (ГДР). Но как филогенетически и геологически самый поздний представитель вида *Homo erectus* первобытный человек района Бильцингслебен появляется в Европе одновременно с самыми ранними формами вида *Homo sapiens*. Кроме того, эта находка наряду с более древними в Вертешцёллеше и, возможно, в Гейдельберге является неоспоримым доказательством существования вида *Homo erectus* в Европе.

Большое значение имеет то, что останки человека в Бильцингслебене были найдены в

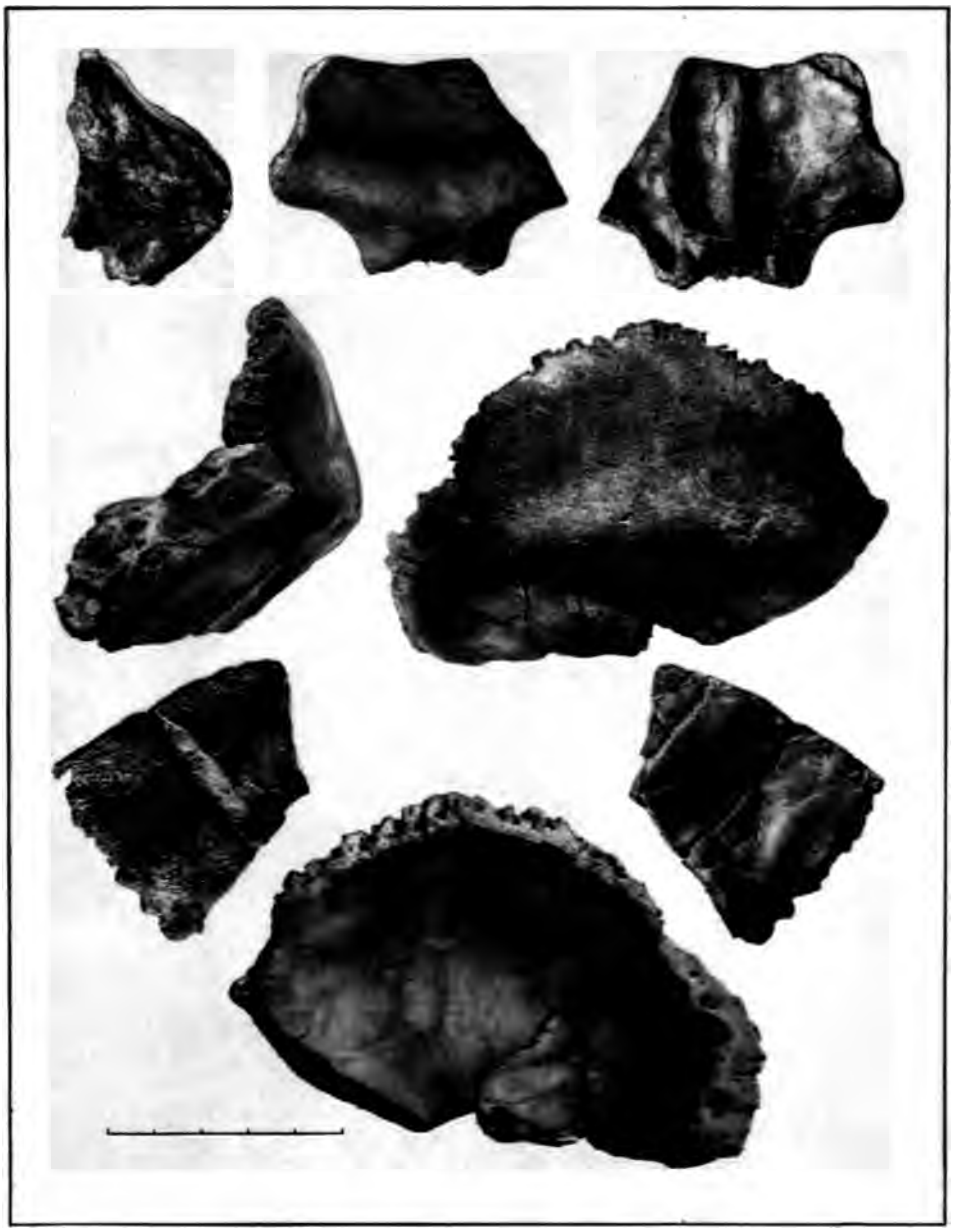


Рис. 3. Останки человека Бильцингслебена. Верхний ряд: лобная кость справа, спереди и изнутри. Средний ряд: затылочная кость слева и сзади. Нижний ряд: фрагмент теменной кости снаружи, затылочная кость изнутри, теменная кость изнутри

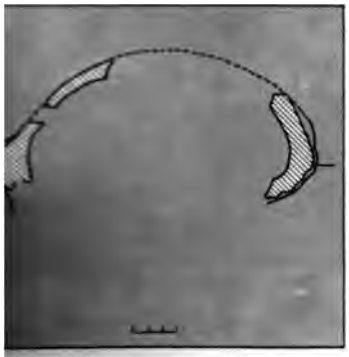


Рис. 4 Останки бильцингслебенского первобытного человека полностью совпадают с черепом *Homo erectus* из Олдовая (гоминид 9) (по Е. Влчеку)

составе крупного археологического комплекса. Это дает возможность определить рамки культуры *Homo erectus*, которая явно отличается от культуры ручных рубил, связанной с ранним сапиенсом. Важную роль в исследовании стоянки в Бильцингслебене играют обнаруженные каменные орудия, кости животных — остатки пищи, а также изготовленные из костей и рогов орудия. Эти предметы — лишь небольшая часть существовавшей когда-то культуры. Кроме того, как мы отмечали выше, найдены следы жизнедеятельности бильцингслебенского *Homo erectus*, которые позволяют рассматривать их местонахождение как стоянку первобытного человека. Имеется также возможность реконструировать существовавшие природные условия и проследить взаимоотношения п рвобытного человека с природой. Таким образом, указанная находка может значительно расширить наши знания о культуре *Homo erectus*.

Наряду с грубыми массивными орудиями из гальки встречаются многочисленные небольшие кремневые орудия. Они изготовлены при помощи найденных в большом количестве отбойников (кварцитовых галек длиной 4—6 см). Величина кремневых орудий колеблется между 8 и 60 см. Стандартизованные формы орудий обнаружить не удалось. Но все найденные орудия могут быть сведены к нескольким основным формам. Они изготовлены из отщепов и осколков и имеют специально обработанные края различной формы — выпуклые, вогнутые или пря-

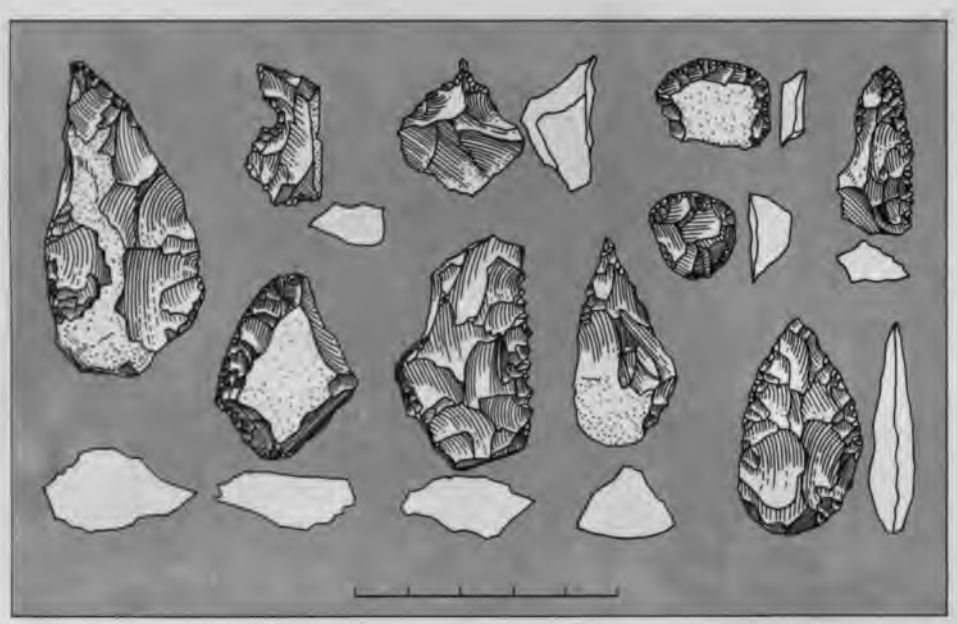


Рис. 5. Орудия из кремня

Рис. 6. Рабочие места. На фотографии внизу видна крупная «наковальня», на которой в качестве инструмента лежит плечевая кость мамонта. Внизу справа — несколько булав из рогов с места изготовления орудий

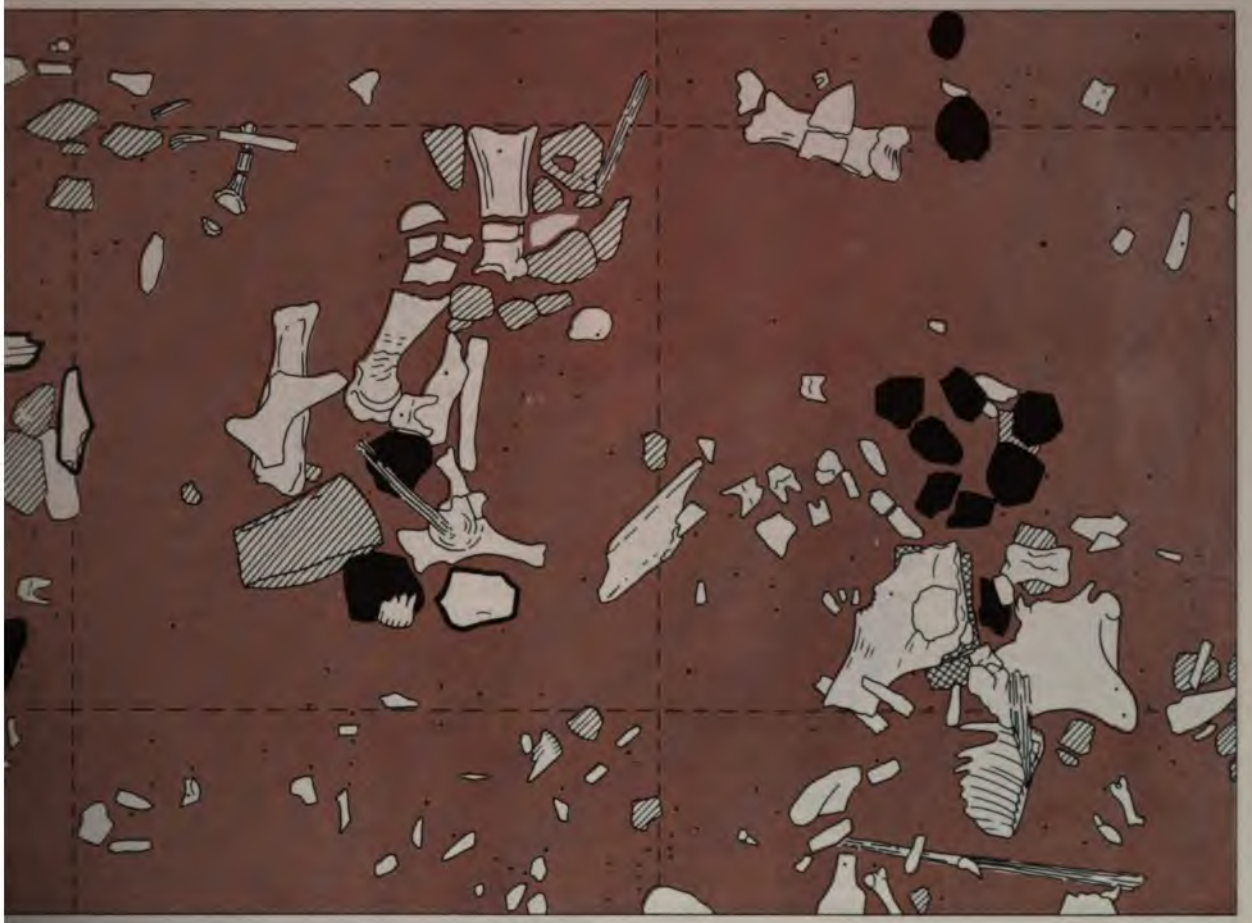


Рис. 7. Рабочие места (Бильцингслебен). Сеткой отмечены каменные «наковальни»; тонким контуром показаны кости; жирным — орудия из кости; черным — орудия из обкатанных кусков породы; точками — орудия из кремня; заштрихованы — деревянные жерди. Масштаб: сторона квадрата на плане равна 1,5 м.

ие, глубокие дугообразные, со щербинами и зубринами. Некоторые заострены или имеют ерлообразную форму. Микроскопические следования краев позволили установить на удиях следы использования, свидетельствующие о их применении для строгания. Некото- я часть орудий использовалась, очевидно, для зания, вырезания и сверления. Можно предположить, что большинство этих орудий служило для обработки дерева. От деревянных орудий остались только отпечатки в отложениях и заизвестковавшиеся остатки. Длинные (до 2,6 м) жерди могли служить копьями и пиками. Другими орудиями из кремня, очевидно, обрабатывались шкуры, кожи, волокна растений, кора и другое органическое сырье. Возможно, из него изготавливались сосуды, веревки, простейшие предметы одежды. Большая часть материальной культуры *Homo erectus* состояла из таких органических материалов.

Тяжелые гальки грубо оббивались, в результате чего формировались острые края или острие. Такие орудия служили для рубки, расщепления, разбивания, вбивания. В отличие от орудий из кремня, предназначенных для тонкой работы в качестве специальных инструментов, тяжелыми гальками выполнялись грубые работы: разбивались кости, строгались и расчленялись стволы деревьев и жерди. Эти орудия изго-

Рис. 8. Обуглившийся кусок дерева из очага *Homo erectus*. Длина 1 м

товлялись в основном из твердых пород, таких, как кварцит, ракушечник, известковый туф, кристаллит. Большие куски породы или плиты до 40 кг весом приносились к месту стоянки и использовались как подставки для работы (так называемые «наковальни»).

При раскопках у Бильцингслебена впервые были обнаружены рабочие места *Homo erectus*, которые вместе с тем являются впечатляющими свидетельствами работы первобытного человека. В центре каждого из них находилась наковальная, на некоторых таких подставках был еще один рабочий предмет — в большинстве случаев большая кость. Вокруг лежали несколько орудий из гальки, а также многочисленные отщепы и остатки костей, рогов, бивней и камней. Из этого можно установить, какие материалы здесь обрабатывались.

Для изготовления костяных орудий предпочтение отдавалось наружной более плотной средней части (компакте диафизов) длинных костей мамонта. Чтобы отделить компакту от остальной части кости, сначала отрубался сустав, затем по всей длине кости в нее вбивались клинья, и при помощи большого камня кость расщеплялась вдоль. На большинстве осколков можно обнаружить отверстия от клиньев. Расколотая кость затем обрабатывалась каменными орудиями, например, заострялись ее края. Наряду со строгальными орудиями длиной до 80 см с закругленными рабочими краями встречаются скребки, ножи, резцы, клинья, крюки, колющие орудия из компакты костей. Все они носят следы работы — царапины, нарезы, округления. Большие лопаточные кости и кости таза мамонта и носорога использовались как столы для работы. На их поверхности тоже сохранились следы работы.

Была найдена наковальня из большой берцовой кости мамонта, она была укреплена костями и камнями для устойчивости. На широкой поверхности видны глубокие следы рубки. Вокруг были обнаружены заизвестковавшиеся остатки дерева и стружки, а также несколько орудий из кварцита, рядом — несколько жердевидных кусков дерева. Очевидно, это была специальная колода для обработки дерева.

Многочисленные рубящие орудия изготавливались из рогов. *Homo erectus* находил их около стоянки или отрезал у убитых животных. Края этих орудий имеют зазубрины, очевидно, ими обрабатывался твердый материал, или же обработка происходила на твердой основе.

Геологические исследования показали, что стоянка *Homo erectus* находилась на берегу небольшого озера около устья ручья. У берега, особенно в наносном песке, были найдены многочисленные кости животных. Они образуют целые отвалы, которые тянутся широкой полосой по берегу. Берег озера образовывал полуостров. Его поверхность была горизонтальной и ровной, на ней не найдено пищевых отходов. Это объясняется тем, что тут было поселение, жилища, место для труда, зона деятельности. Здесь были обнаружены орудия из кости, рогов и камня и отходы их производства, сырье: плиты и куски различных пород, крупные кости конечностей и их фрагменты, разнообразные куски дерева, кости и очажный материал.

До настоящего времени установлены очертания трех жилищ. Они расположены близко друг к другу, образуют овал или круг диаметром от 3 до 4 метров и распознаваемы по скоплениям крупных камней и костей. Обнаружены очаги, определяемые по многочисленным камням, носящим следы воздействия высоких температур, а также по сохранившимся в разной степени остаткам древесного угля, под которыми находилось обугленное бревно длиной около метра. По периферии стоянки лежали крупные орудия из кости, рогов и дерева. Южнее каждого жилища находилось два-три рабочих места с наковальнями, изделиями и орудиями. Наряду с рабочими местами около жилищ необходимо отметить особые зоны активности. Как таковые можно рассматривать скопление 15 больших изделий из

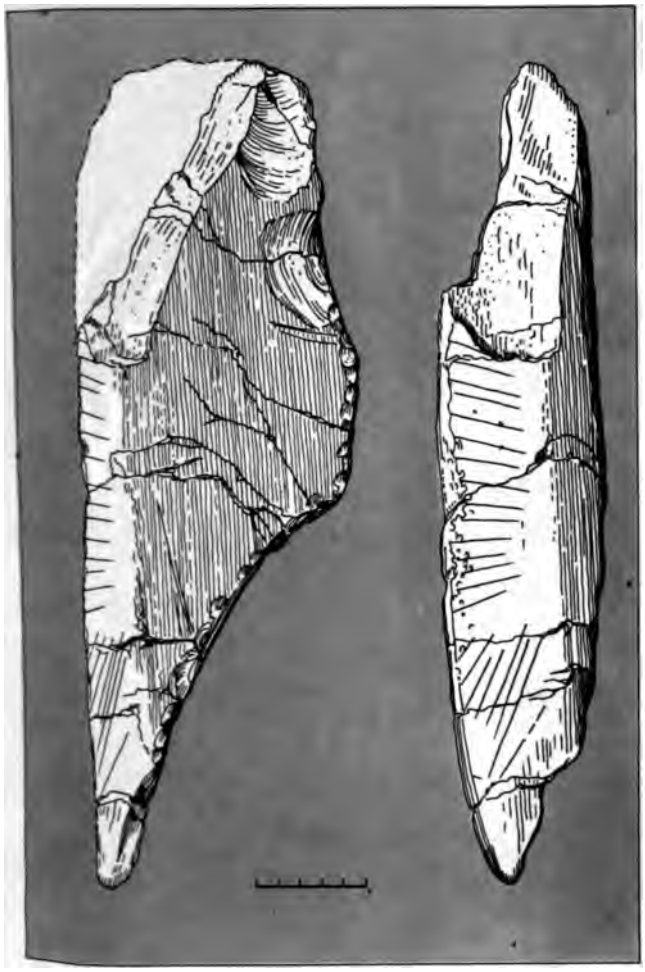


Рис. 9. Костяная булава из Бильцингслебена с древнейшими изображениями, сделанными человеческой рукой, в форме последовательных штрихов

кости на небольшой площади, скопление орудий из рогов у берега. Имеются также более или менее выраженные места убоя и разделки туш убитых животных.

В целом мы имеем дело с уникальным открытием, стоящим в одном ряду с известными палеолитическими находками раннего и среднего плейстоцена. Небольшие жилища говорят о дифференциации сообщества позднего *Homo erectus* на более мелкие группы, родственно более связанные внутри группы, нежели с остальной частью сообщества. Им было известно употребление огня. Этот факт, а также постройка простейших жилищ привели к возникновению временной базы, где могли оставаться матери, дети, больные и старики, не мешая действиям остальных вне стоянки. Биологическое или по половому признаку разделение труда тоже продвинулось вперед. *Homo erectus* уже умел создавать себе искусственную окружающую среду, которая делала его в некотором отношении более независимым от внешних неблагоприятных условий. Кроме того, бильцингслебенская находка показывает, что сложились основные черты общественной организации. С этого периода человеческая эволюция все больше происходит в общественно-культурной области и в развитии мозга.

Мы видим, как формировались различные предпосылки в процессе первобытно-общинного строя, которые позволяли человеку адаптироваться к неблагоприятным климатическим условиям. Это и окончательный переход к мясному питанию, и развитие эффективных методов охоты (охота на крупных животных), и умение обращаться с огнем, строить простейшие жилища, и изготовление одежды, а также более тесное общественное объединение. Все эти предпосылки подтверждены нашими исследованиями.

Общественная охота на крупных животных была эффективней, чем на скрывающуюся от преследования мелкую дичь. В первую очередь охота производилась на носорогов, слонов, оленей, диких лошадей и медведей. Из мелких животных чаще встречаются бобры, реже косули, кабаны, макаки, мелкие хищники: волки, лисы, барсуки, рыси и дикие кошки, а также пещерный лев, который являлся опасным конкурентом при охоте.

Остатки животной и растительной пищи почти не сохранились, но встречаются большие речные раковины и скорлупа птичьих яиц, заизвестковавшиеся косточки дикой вишни. Найденные растительные остатки свидетельствуют об использовании в пищу таких растений, как вишня, терн, липа, лещина, можжевельник и др., иногда в ближайшей реке вылавливали больших рыб; встречаются остатки линя и сома.

По многочисленным показателям, в том числе климатическим, можно установить, что окружающая среда представляла частью открытый, частью покрытый лесом ландшафт с буковыми и дубовыми лесами и кустарником из таких растений, как самшит, терн, ирга и т. д.

Бильцингслебенская стоянка принесла еще одно неожиданное открытие. Речь идет о намеренно выполненных гравюрах в форме простых линий, насеченных на первобытных костяных орудиях. Они нанесены с такой правильностью, что не могут рассматриваться как случайные следы труда. Встречаются ритмические последовательности линий, связки линий и простые знаки в виде четырехугольников и полукружных дуг. Последние были нанесены на плиту из кварцита. Мы рассматриваем эти изображения как информацию, которой исполнитель придавал какос-то значение. Они представляют самые древние изображения человеческой мысли из известных до настоящего времени и являются одновременно доказательством того, что поздний представитель Homo erectus был способен к абстрактному мышлению и человеческой речи.

ЗЕМЛЯ

...мир природы связан прочными нитями с теми химическими процессами, которые идут вокруг...

А. Е. Ферсман

ДЖ. БЕРДЖЕР, М. Б. ГОХБЕРГ, Т. КОХРЭН, И. Л. НЕРСЕСОВ
Сейсмический контроль и проблема запрещения ядерных испытаний

А. П. ЛИСИЦЫН, А. М. САГАЛЕВИЧ
Путешествие на дно океана

У. КИНГ
Облака: взгляд с исследовательского самолета

С. ГЕЙНЫ, К. КОПЕЦКИ, З. КРОПАЧ
Антропогенная растительность — как оценить ее роль?

Джонатан БЕРДЖЕР (Berger) (р. 1940) — американский сейсмолог.
Родился в Нью Хэвене (штат Коннектикут). Окончил университет Дальхауза в Галифаксе в 1962.
В 1970 защитил докторскую диссертацию на тему «Лазерный деформограф». С 1970 по настоящее время работает в Институте геофизики и планетарной физики университета Калифорнии в Сан-Диего. Одновременно с 1978 — директор геофизической обсерватории Сесиль и Ида Грин Пинон Флэт. Развивает инструментальные методы исследования динамики земной коры, включая лазерную технику и абсолютные гравиметры с высокой разрешающей способностью. Занимается разработкой и внедрением высококачественных цифровых сейсмотелеметрических систем, управляемых с помощью высокочастотных радиосигналов, а также сейсмокомпьютерных систем для анализа данных в реальном времени применительно к изучению динамики активных разломов земных и океанических приливов прогноза землетрясений.

Михаил Борисович ГОХБЕРГ (р. 1937) — геофизик, доктор физико-математических наук, заместитель директора Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР, заведующий лабораторией сейсмоэлектрики. В 1960 окончил Московский геолого-разведочный институт. Работал прорабом геофизической экспедиции в Иркутской области. В 1967 защитил кандидатскую диссертацию на тему «Использование магнитных бурь для изучения глубинного строения Земли». В 1974 — докторскую на тему «Генерация и распространение геомагнитных пульсаций». Он выдвинул и развивает новое направление сейсмоэлектрики — изучение электромагнитных процессов в земной коре, верхней атмосфере и магнитосфере Земли в период подготовки и развития землетрясений. В 1981—1985 под его руководством проведены комплексные эксперименты по натурному моделированию этих процессов с помощью мощных промышленных взрывов с использованием сети наземных наблюдений и спутников.

Том КОХРЭН (Cochran) (р. 1940) — американский физик, доктор, член Совета по защите природных ресурсов США по разделу ядерной энергетики, один из инициаторов и организаторов советско-американского проекта по контролю за мораторием.
Его деятельность связана с работой по уменьшению возможных вредных последствий ядерной энергетики, контролю за вооружением, ограничением распространения ядерного оружия.

Игорь Леонидович НЕРСЕСОВ (р. 1919) — сейсмолог, член-корреспондент АН АрмССР, профессор, заведующий отделом сейсмологии Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР, научный руководитель советско-американского проекта по контролю за мораторием.
Родился в Баку. С 1938 по 1943 учился в МГУ. Затем до 1946 работал инженером центральной лаборатории Отдела главного металлурга Автозавода им. Лихачева. С 1946 по 1949 был начальником геофизической партии и лаборатории треста Артикаразведка Главсевморпути. С 1949 работает в ИФЗ, вначале младшим научным сотрудником, затем старшим научным сотрудником, а с 1955 по настоящее время является начальником Комплексной сейсмологической экспедиции ИФЗ. С 1963 — заведующий лабораторией региональной сейсмичности и прогноза землетрясений. С 1969 по настоящее время — заведующий отделом сейсмологии. С 1971 по 1975 работал заместителем директора ИФЗ.
Основная научная деятельность И. Л. Нерсесова связана с разработкой методов детального сейсмического районирования при анализе степени сейсмической опасности гидротехнических сооружений, а также разработкой методов прогноза землетрясений.

ДЖ. БЕРДЖЕР, М. Б. ГОХБЕРГ, Т. КОХРЭН,
И. Л. НЕРСЕСОВ

Сейсмический контроль и проблема запрещения ядерных испытаний

Советско-американскнй эксперимент уже доказал, что чувствительные приборы регистрируют любые подземные ядерные испытания, следовательно, мораторий на них поддается надежному сейсмическому контролю. Таков еще один аргумент в пользу реальности прекращения гонки вооружений. Во всяком случае, участники этой совместной работы надеются, что недалек тот день, когда аппаратура в районах ядерных полигонов в Неваде и Казахстане будет фиксировать на них только тишину

Встреча академиков Е. П. Велихова и М. А. Садовского с учеными США во главе с профессором Ф. фон-Хиппелем *(F. von Hippel)* (в числе американских ученых был соавтор настоящей статьи Т. Кохрэн) в мае 1986 г. в Москве определила развитие нового этапа советско-американских работ по контролю за ядерными испытаниями. Между Советом по защите природных ресурсов США и Академией наук СССР было достигнуто соглашение о контроле непосредственно на полигонах. Выполнение этих исследований имеет следующие цели. Во-первых, продемонстрировать, что контроль на территории другой стороны не является непреодолимым препятствием для всеобъемлющей проверки запрещения испытаний. Во-вторых, показать, что ученые США и СССР, несмотря на некоторые расхождения во взглядах, готовы работать для общей цели — для осуществления надежного и оперативного контроля. В-третьих, получить основополагающую сейсмическую информацию, которая будет необходима для проектирования и функционирования системы контроля.

Реализация совместной программы работ, по мнению участников эксперимента, помогла бы установить более эффективное наблюдение за ядерными полигонами в США и СССР. А это, в свою очередь, может стать тормозом на пути продолжения испытаний атомного оружия и в конечном счете способствовать прекращению гонки вооружений.

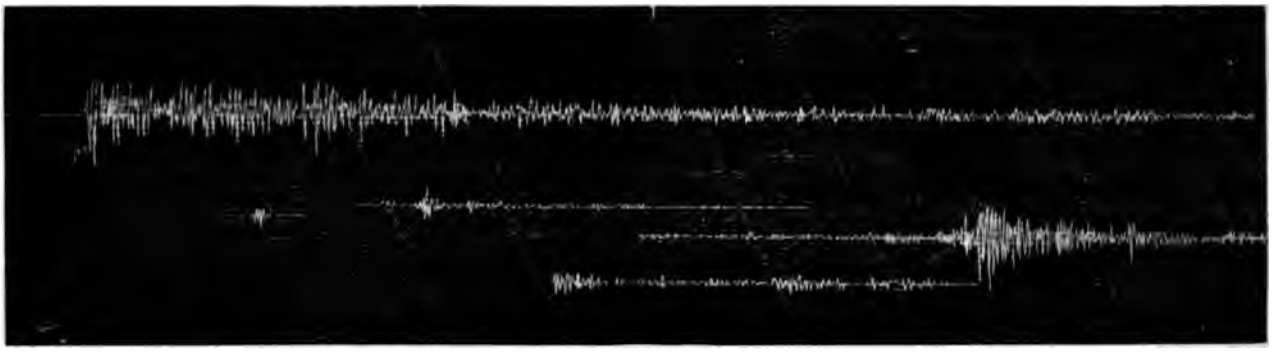
Вопрос о средствах проверки и контроля вблизи мест испытаний долгое время мешал договоренности о полном запрещении испытаний атомного оружия. Начало дискуссий по этому вопросу было положено на Женевском совещании экспертов в 1958 г. Уже тогда была показана принципиальная возможность положительного решения проблемы надежного контроля за ядерными взрывами и указаны средства осуществления такого контроля.

Однако позднее некоторые американские ученые стали публиковать данные о возможности уменьшения интенсивности сейсмического излучения в том случае, если взрыв проводится в полости, образовавшейся от ранее проведенного мощного подземного испытания. Так возникла идея декаплинга — скрытого взрыва в огромных подземных полостях.

В то же время теоретические исследования проблемы декаплинга показали, что для надежного сокрытия взрыва мощностью 1 килотонна от средств обнаружения другой стороны размеры полости должны быть порядка сотни метров. Очевидно, что практические работы по ее подготовке могут быть обнаружены, например, со спутников. Эти же теоретические работы показали, что интенсивность сейсмического излучения от слабых взрывов в полости заметно уменьшается только на низких частотах, а на более высоких частотах такое ослабление значительно меньше. Вообще применение высоких частот при детектировании подземных ядерных взрывов значительно эффективнее, чем традиционно используемые низкочастотные компоненты спектра при исследовании землетрясений.

Взрывы излучают больше энергии в высокочастотных колебаниях, чем землетрясения сопоставимой силы. В результате использования высокой частоты сигналы взрывов становятся более видимыми. Таким образом, использование специальной высокачастотной аппаратуры может решить и эту проблему. Следует также отметить, что за 30 лет, прошедших с начала обсуждения вопроса о контроле за ядерными испытаниями, технические возможности как США, так и СССР по обнаружению атомных взрывов существенно улучшились.

Национальные технические средства контроля подземных взрывов США и СССР многообразны. Они базируются на использовании сейсмических, акустических, гидроакустических, спутниковых и других методов. Основную роль в контроле за непроведением подземных испытаний в настоящее время играет сейсмический



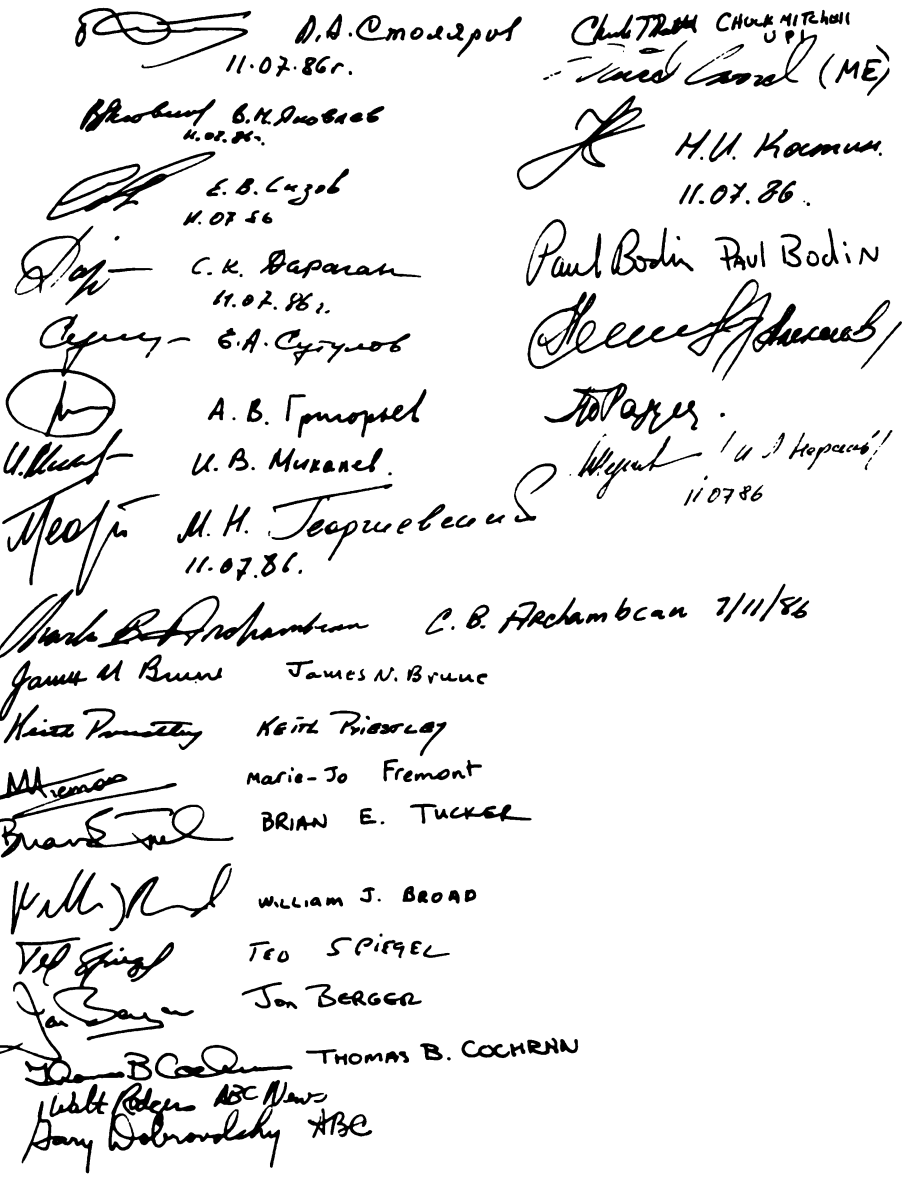


Рис. 1. Часть первой сейсмограммы, полученной на американской установке 11 июля 1986 г. на берегу озера в Каркаралинске. Колебания вверху и внизу — запись землетрясений, в середине — промышленного взрыва. Эта первая сейсмограмма с записями мирного дыхания Земли, полученная совместно советскими и американскими учеными, была продемонстрирована на проходившем в Москве международном форуме ученых по вопросу ядерных испытаний. Все участники эксперимента расписались на этом историческом документе

метод. Остановимся теперь на сейсмических системах контроля США и СССР.

Национальная система контроля подземных ядерных взрывов США в настоящее время имеет большое число сейсмических станций и групп, расположенных как на территории США, так и других стран. Эта система включает свыше ста станций Мировой стандартизированной сети в 55

странах мира, 20 станций сейсмического группирования (о группировании см. ниже) в 12 странах, 17 сейсмических обсерваторий в 15 странах. К настоящему моменту значительное число этих станций переведено на цифровую регистрацию, и процесс их модернизации продолжается. Многие сейсмические станции оснащены высокочувствительными скважинными приборами.

В связи с проблемой обнаружения и идентификации слабых подземных взрывов, проводимых с применением мер сокрытия, США осуществили в период с 1978 по 1982 г. два проекта по созданию новых средств сейсмического контроля.

В 1982 г. в США и Канаде начала работать сеть из пяти автоматических цифровых широкополосных сейсмических станций со скважинной аппаратурой и передачей всей регистрируемой информации по спутниковым каналам связи в центр обработки. На трехсторонних переговорах в Женеве о полном и всеобщем запрещении испытаний ядерного оружия в 1977—1980 гг. была достигнута договоренность о создании таких сетей внутренних станций на территории СССР, США и Англии, однако в дальнейшем США от этих предложений отказались.

Второй проект — это создание в Норвегии под эгидой США новой группы малой апертуры NORSAR, позволяющей обнаруживать и локализовать слабые подземные взрывы до расстояний в 3000 км. Отметим, что многие из станций и групп систем контроля расположены вдоль границ СССР и социалистических стран.

Данные с сейсмических станций и групп поступают по каналам связи в новый центр обработки, расположенный около Вашингтона. В этом центре по сейсмической записи определяются: время вступления сигнала (от взрава или землетрясения), его амплитуда и период, а также аналогичные параметры волн — поперечных и поверхностных (о разных типах волн см. ниже). Одновременно непрерывно оценивается сейсмический фон (естественный шум Земли) для его исключения и улучшения соотношения сигнал/шум.

Центр обработки рассчитан на прием, обработку и хранение огромных потоков сейсмических данных и оснащен несколькими достаточно мощными ЭВМ. Оценки возможности национальной сети США по обнаружению и идентификации подземных взрывов показывают, что даже карьерные промышленные взрывы в несколько тонн химических взрывчатых веществ обнаруживаются до расстояний в 2÷3 тыс. км. Данные о таких взрывах содержатся в бюллетенях Международного сейсмического центра данных (расположенного в США).

Оценки целого ряда специалистов показывают, что в диапазоне расстояний до 10 тыс. км США могут регистрировать в зависимости от свойств грунта в месте испытаний взрывы мощностью 1—5 кт, проводимые без декаплинга, а на расстоянии 2÷3 тыс. км — от 5 до 110 т. Если взрыв проводится в условиях декаплинга, то этот порог повышается в несколько раз при регистрации на обычных частотах. Когда слабый взрыв производится в полости, возрастает, как уже сказано, процент высокочастотных колебаний, а в области высоких частот фоновый шум Земли намного слабее. Это позволяет получать на высоких частотах лучшее соотношение сигнал / шум. При этом крайне важно регистрировать сейсмические события на трассах с малым коэффициентом затухания сейсмических колебаний. Так с помощью специальной высокочастотной аппаратуры предел обнаружения взрывов может быть уменьшен до 50 т на расстояниях до 3000 км. С учетом всего сказанного США, используя национальные средства, а также данные с группы NORESS от станций в ФРГ, Турции, Пакистане, Индии, Японии, могут контролировать непроведение взрывов на большей части СССР даже без сведений от станций внутри территории СССР.

Существенное отличие национальной советской сети от американской состоит в том, что она расположена только в пределах территории СССР.

Национальная сеть сейсмических станций СССР имеет более 200 станций, расположенных на огромной территории. Однако хорошо известно, что для эффективного обнаружения взрыва сетью станций они должны окружать эпицентр с разных сторон. При этом требуется, чтобы они были расположены на расстояниях не более чем от 2 до 10 тыс. км. Таким образом, сейсмическая сеть СССР имеет худшие возможности обнаружения и локализации взрывов по сравнению с сетью США, особенно в Южном полушарии. Поэтому можно сделать вывод, что для контроля взрывов в любом районе мира сейсмологи СССР заинтересованы в использовании данных от мировой сети станций.

В качестве примера сбора данных в СССР можно привести систему сети Единой сейсмической системы наблюдений ЕССН, в которой сведения с примерно 300 телесейсмических пунктов регистрации по телефону и телетайпу передаются в региональные центры сбора информации, а также во Всесоюзный центр сбора и сводной обработки сейсмических данных в опытно-методической экспедиции Института физики Земли (ОМЭ ИФЗ) АН СССР.

ОМЭ выпускает тиражом более 250 экземпляров ежедекадные оперативные сейсмологические каталоги и бюллетени. При этом ОМЭ регулярно подготавливает материалы по заявкам зарубежных организаций, в том числе Международного сейсмического центра данных (в США)

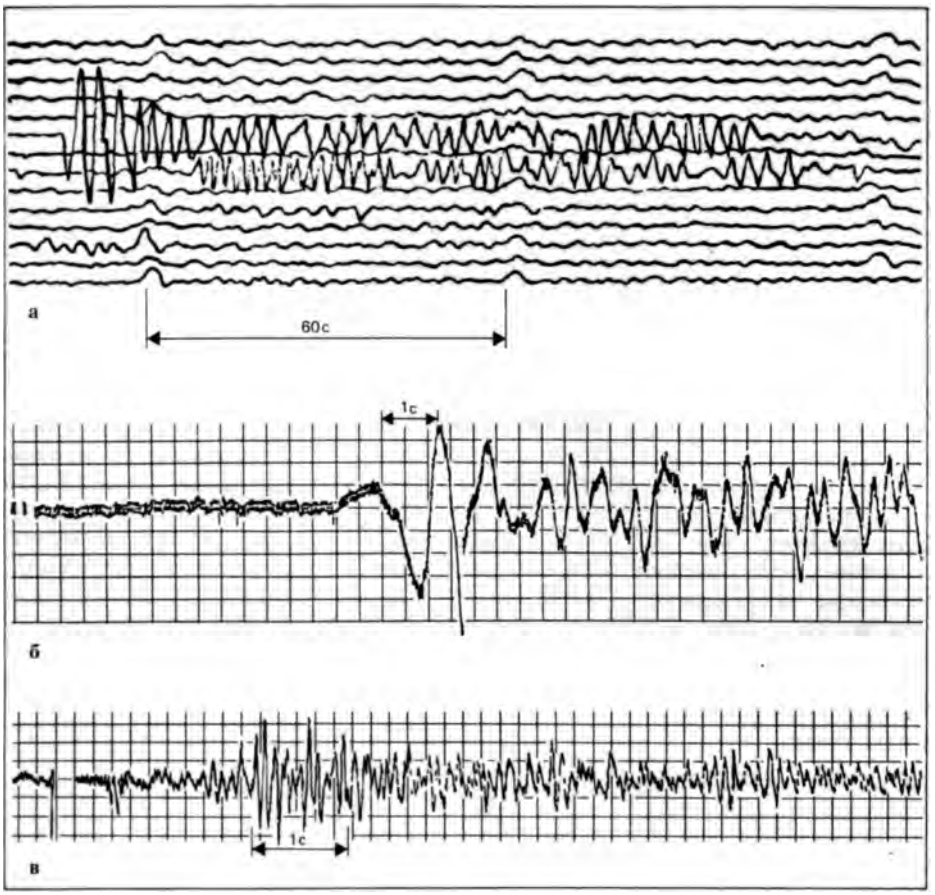


Рис. 2. Несколько записей, полученных на Каркаралинской станции: а) — взрыва, произведенного в Неваде 17 июля 1986 г. в 21 ч., магнитуда сигнала — 5,7, расстояние — 10 200 км, преобладающий период — около 1 с; б) землетрясения в Афганистане 17 июля 1986 г. в 15 ч. 46 м, магнитуда — 5,3, расстояние — 1431 км; в) — промышленного взрыва на удалении 150 км; запись отличается от двух предыдущих наличием высоких частот до 20 Гц

и Международного сейсмологического центра (в Англии).

На трехсторонних переговорах по запрещению испытаний в Женеве была достигнута договоренность об организации международного обмена сейсмическими данными, который увеличит надежность контроля национальными средствами. Кроме того, специальной группой научных экспертов-сейсмологов конференции по разоружению разработаны структура и научно-методические вопросы международной системы обмена. Было предложено, что основу системы обмена составят данные 50 сейсмических станций, расположенных в благоприятных по уровню шума районах земного шара. Сбор данных с этих станций предполагалось вести по спутниковым каналам связи. Международные центры сбора данных предполагалось иметь в Москве, Вашингтоне, Стокгольме и Канберре. Оценка возможностей такой сети с современными станциями показывает, что она способна с вероятностью 90% обнаруживать подземные взрывы мощностью 1 кт в Северном полушарии и 3 кт в Южном.

Если учесть наличие упомянутых выше национальных средств слежения, то надежность контроля за неиспытанием ядерного оружия оказывается достаточно высока. Кроме того, будет значительно повышена оперативность передачи данных и практического их анализа.

Существование сетей сбора сейсмической информации само по себе, конечно, не гарантирует обнаружения взрыва. Необходимо знать, как по сейсмическим данным определить взрыв и локализировать его. Какие же возможности дает сейсмический метод обнаружения взрывов и определения их параметров? Таких возможностей немало. Упомянем только некоторые из них.

Один путь определения мощности подземных взрывов основан на оценке магнитуды продольных Р-волн. При этом учитывается ряд параметров, таких, как плотность, пористость, влажность и газовость вмещающих пород в районе взрывов. Естественно, что этот путь применим в условиях договора, когда вся указанная информация предоставляется контролирующей стороне. Другой путь основан на учете динамических особенностей записи Р-волн от взрыва. Он менее чувствителен к параметрам среды в районе взрыва и его глубине.

Один из наиболее старых способов, позволяющих отличить взрыв от землетрясения, — сравнительный анализ амплитуд Р-, S- и R- волн и их динамических особенностей (продольных, поперечных и поверхностных волн соответствен-

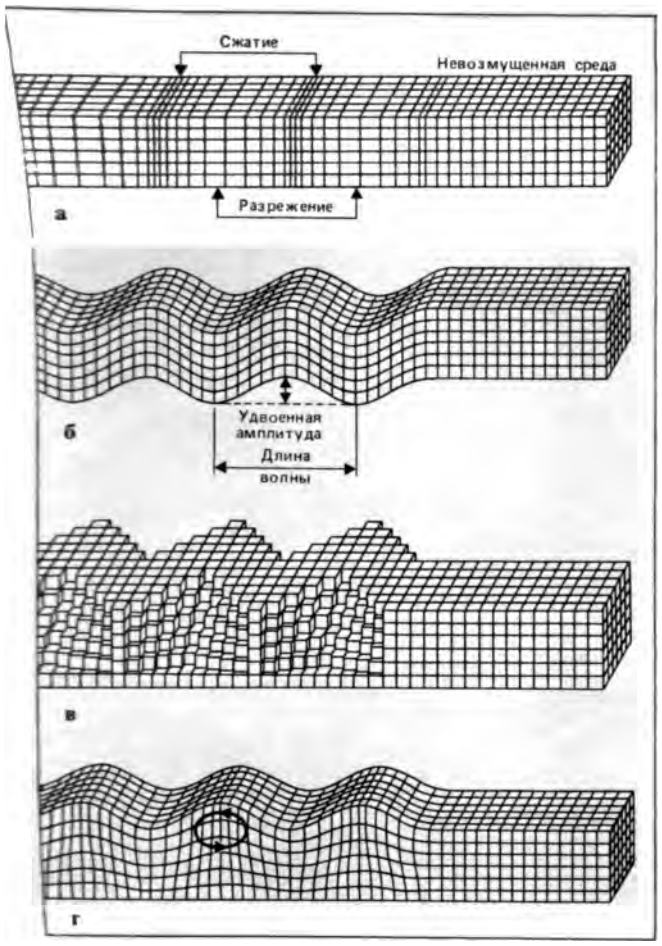


Рис. 3. Схема, изображающая четыре типа сейсмических волн: а) продольные, б) поперечные, в) поверхностные волны Лява, г) поверхностные волны Рэлея

но)*. Подобный анализ основан на том факте, что источник сейсмического излучения типа всестороннего растяжения, который моделирует взрыв, сам практически не излучает S-волн. Эти волны появляются только при взаимодействии P-волн с дневной поверхностью и неоднородностями в земной коре. Источник излучения типа сдвига, моделирующий землетрясение, наоборот, излучает больше S-волн.

Ценную информацию для идентификации подземных взрывов дает также спектральный анализ сейсмических записей. Как уже было упомянуто выше, регистрация и анализ данных на высоких частотах (30—40ГЦ) позволяют уточнить идентификацию взрывов в полостях.

* Напомним, что продольная волна (P) характеризуется сжатием и разрежением вдоль луча распространения волны, поперечная (S) — перемещением среды поперек распространения луча. Поверхностные же волны (R) бывают двух типов: волны Лява распространяются перпендикулярно лучу вдоль поверхности Земли, а волны Рэлея — перпендикулярно и лучу, и поверхности Земли.

Для того чтобы продемонстрировать разнообразие методик, упомянем еще одну. Сейсмический сигнал записывается в аналоговом виде на магнитной ленте. Затем запись проигрывается на обычной звуковоспроизводящей аппаратуре со скоростью, превышающей скорость записи. Специально обученные эксперты прослушивают запись и дают заключение о характере сигнала.

Особое направление научных исследований— улучшение соотношения сигнал/шум. Для этой цели разработано как в США, так и в СССР большое число методов фильтрации и группирования информации с сети сейсмических станций. Проведение такой обработки с использованием цифровых записей на ЭВМ не только позволяет выделить слабые сигналы из шума, но и повышает надежность наблюдения за конкретными местами проведения испытаний. Другими словами, информация с сети станций может быть сгруппирована таким образом, что будет достигнута очень высокая чувствительность к взрывам на заранее известных территориях.

Итак, хотя существующие в настоящее время и проектируемые на ближайшее будущее системы контроля за непроведением испытаний достаточно эффективны, все же часто высказываются сомнения в абсолютной их надежности. Такие аргументы используются американской стороной на переговорах по запрещению испытаний атомного оружия. Как уже было отмечено выше, вопрос о контроле на местах был принципиально решен ранее на переговорах. И вот в 1986 г. по взаимному соглашению между Советом по защите природных ресурсов США и Академией наук СССР начаты практические работы по контролю вблизи мест испытаний на территории СССР и США. И уже сейчас можно считать, что прямой контроль возможен.

В июле 1986 года группа технических специалистов и ведущих сейсмологов США начала установку аппаратуры сейсмической регистрации вблизи испытательного полигона на территории СССР. На первом этапе работ были тщательно выбраны места для установки аппаратуры. Эти пункты расположены на скальных породах. Надо сказать, что в скальных породах поглощение сейсмических волн гораздо слабее, поэтому отношение сигнал / шум возрастает, что облегчает выделение сигнала от подземного взрыва. Первые же сейсмические наблюдения показали, что уровень шумов там очень низок.

9 июля был установлен первый пункт регистрации, 4 августа — второй, в начале сентября — третий. В начальной фазе работ аппаратура была установлена на поверхности в защищенных боксах. К ноябрю 1986 г. были приготовлены стационарные измерительные пункты. Аппаратура устанавливается на бетонированных постаментах в заглубленных бункерах. Внутри бункеров имеются скважины с глубиной до 100 м.

Соглашением между учеными США и СССР предусмотрена установка в скважинах специальных сейсмографов — оборудования второй фазы. Такая работа ведется с февраля 1987 г. Пункты регистрации как бы охватывают испытательный полигон в кольцо — это необходимо для измерения и регистрации естественных шумов, для изучения спектра помех. Поправка на естественные шумы — а они в каждом районе свои — улучшит возможности средств контроля и поможет еще точнее регистрировать самые маломощные взрывы. При проведении испытаний их место и мощность взрыва могут быть определены достаточно точно.

К ноябрю 1986 г. в пунктах регистрации были установлены сейсмографы с собственными периодами 1 и 5 с. Усиление сигнала достигало 140 000 раз. Бункеры с аппаратурой соединены кабелем с лабораторией и жилым комплексом. Последние имеют автономное электрическое питание и телефон. Регистрация записей производится в цифровом виде на двух магнитофонах с компакт-кассетами, которые могут читаться на компьютере. Регистрация осуществлена в ждущем режиме, при котором запись начинается автоматически, если уровень сигнала превышает заданный порог.

В начале наблюдений станции зарегистрировали много промышленных взрывов, проводимых в горнодобывающих карьерах, на расстояниях 50÷100 км. Их мощность составляла всего несколько десятков тонн, но они надежно фиксировались сейсмической аппаратурой. Обработка этих измерений и нескольких записей землетрясений показала, что предположение американских сейсмологов о том, что Казахстанская складчатая область в районе семипалатинского полигона сложена более жесткими породами, чем породы невадского полигона, правильно. Это означает, что взрывы, проведенные на семипалатинском полигоне, возбуждают более сильные сейсмические волны, чем аналогичные взрывы на невадском полигоне. Таким образом, если для определения мощности взрывов в СССР использовать полученные в Неваде зависимости, то она будет завышена. Итак, американская сторона в результате экспериментов вблизи полигона в СССР получила возможность более точно откалибровать зависимости для определения мощностей взрывов в СССР. Ряд американских сейсмологов пришли к выводу: обвинение Советского Союза в нарушении договора объясняется неправильной калибровкой основных волн с семипалатинского полигона, и даже самые крупные испытания там (после вступления в силу договора в 1976 году) фактически составляли не более 150 кт (т. е. в пределах разрешенного порога). Такое переопределение свидетельствует, что высказывавшиеся американской стороной претензии к СССР по поводу превышения им предельной разрешенной мощности испытательных взрывов лишены оснований*.

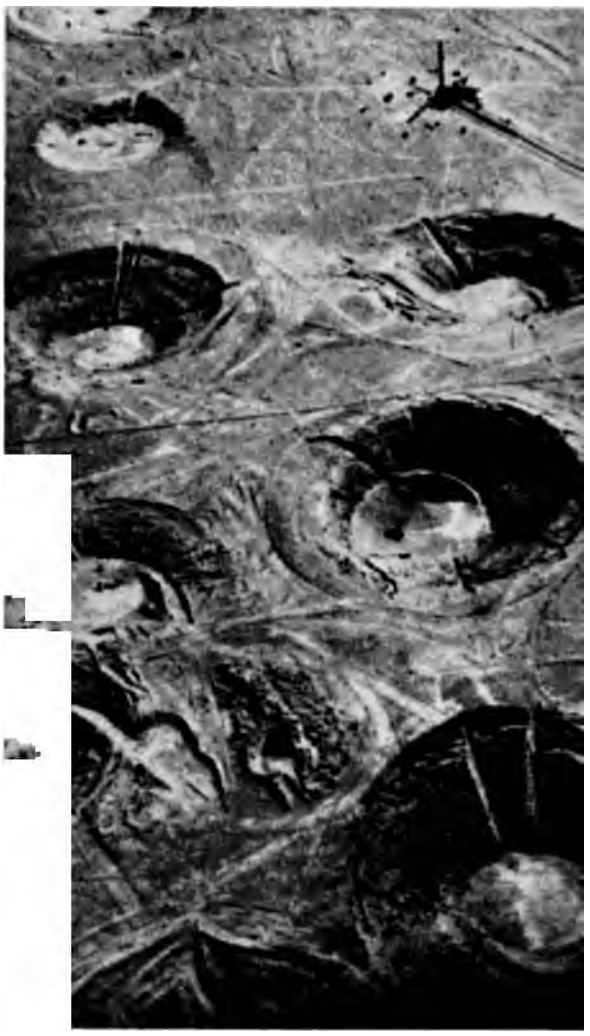


Рис. 4. В момент взрыва разрушается окружающая среда: образуется большая полость, в породе возникают провальные воронки и трещины. На фото, полученном из космоса, видны провальные воронки на испытательном полигоне в Неваде (Юкка Флатс) после ядерных взрывов. Конечно, такие следы характерны для достаточно сильных взрывов. Слабые взрывы, особенно проведенные на большой глубине, не оставляют столь очевидных следов на земной поверхности. Но эти снимки получены не самой современной аппаратурой и не с самым хорошим разрешением. Современные средства космической съемки позволяют обнаружить более слабые взрывы и подготовку к ним

* Некоторые ученые США пришли к такому же выводу основании метода измерения силы подземных взрывов, ко рый используется в американской сейсмологии уже бо десяти лет. Они доказали, что эксперты, привлекаем Белым домом, искусственно завышали мощность советс испытательных взрывов. Обвинения СССР в нарушении до вора и строились на этих фальсификациях. Последний кам из-под них выбила, как видно из статьи, совместная раб советских и американских ученых под Семипалатинском. *Ред.*

Оценка затухания волн на высоких частотах и уровня шумов вблизи семипалатинского полигона показала также, что если взрывы будут произведены в условиях сокрытия (декаплинга), то никаких проблем с их обнаружением при использовании более высокочастотной регистрирующей аппаратуры не будет. Но и существующая в настоящий момент аппаратура, поскольку она расположена достаточно близко к полигону, дает возможность обнаружения таких скрытых взрывов.

С начала работ до ноября установленная аппаратура зарегистрировала три взрыва, проведенных на полигоне в Неваде. Были оценены мощности этих взрывов по сейсмической шкале магнитуд, что позволило получить более точные данные о прохождении сейсмических волн из США в СССР и оценить возможности советской стороны по обнаружению и идентификации взрывов в США.

В ходе эксперимента была проверена возможность передачи регистрируемых данных по телефонным каналам в Москву. Центр в Москве, куда передавалась информация, имеет выход на центры данных в Вене и Хельсинки. Последние имеют связь с США и другими странами. Таким образом, уже сейчас возможна передача информации заинтересованным сторонам на основе межкомпьютерной связи через центр ВНИИПАС (Всесоюзный научно-исследовательский институт прикладных автоматизированных систем).

Дальнейшие работы предусматривают установку более совершенной сейсмической аппаратуры и средств записи сигналов.

В ходе эксперимента изучаются и такие общенаучные проблемы, как структура земной коры и верхней мантии в Казахстанском регионе, который находится между гигантскими древними платформами — Русской и Сибирской. Взаимодействие этих пород привело к формированию неоднородностей в земной коре Казахстанского региона.

Однако важнейший результат советско-американских сейсмологических исследований состоит в том, что доказана возможность реального контроля на местах за непроведением испытаний атомного оружия. Сам факт выполнения таких исследований показывает, как много значат добрая воля и сотрудничество ученых разных стран, демонстрирует возможность уважения и доверия между ними.

Остановимся теперь на состоянии работ по соглашению на территории США. Советские специалисты совершили поездку в США в ноябре 1986 г. Эта поездка не включала посещения окрестностей полигона в Неваде по причинам, связанным с выдачей виз.

Американские сейсмологи приложили максимум усилий, чтоб эта поездка советских ученых была продуктивной. Было предложено 8 вариантов мест, где можно разместить сейсмические станции. По каждой из этих точек были представлены подробные топографические и геологические карты, с каждой точки были привезены и показаны образцы геологических пород и слайды. Сопоставив эту информацию и полностью доверяя американским коллегам, предоставившим материал, советские специалисты выбрали места для трех станций, находящихся примерно в 150 км от испытательного полигона: Дип-Спрингс на Северо-Западе, Трой-Каньон на Северо-Востоке и НЕЛЬСОН на Юге. В настоящее время на территории штата Невада сейсмическая информация уже поступает с оборудования первой фазы эксперимента, т. е. расположенного на поверхности Земли.

Проведение работ в полном объеме позволит осуществить постоянный контроль за соблюдением моратория на ядерных полигонах (если он будет соблюдаться обеими сторонами) или за ограничениями на испытания. Возможным станет более точный контроль за соблюдением соглашения о максимально разрешенном пороге в 150 кт при проведении испытаний. Предстоит определить минимальный предел их мощности, при котором может быть осуществлен надежный контроль. Будут установлены источники сейсмического излучения и их характеристики в диапазоне высоких частот. Изучение этих параметров позволит понять физику нелинейных процессов в упругих средах. Будут получены численные характеристики распространения различных типов волн и, в частности, на высоких частотах для коры и верхней мантии. В распоряжении контролирующей стороны будут точные параметры среды в непосредственной близости от испытательного полигона. Станут известны характеристики высокочастотных шумов вблизи земной поверхности и виды их взаимодействия и распространения. Будет определено число необходимых сейсмических станций контролирующей стороны и места их расположения на территории контролируемой стороны. Станет возможным достаточно полный и оперативный международный обмен сейсмической информацией.

Космические методы в значительной мере снимают вопрос об оперативности сбора и обработки сейсмологического материала, так как следы взрыва будут обнаружены на снимках. После этого можно отдельно собрать и исследовать сейсмические данные только за нужный срок. Таким образом, комплекс различных методов обнаружения взрывов значительно повышает надежность контроля.

Александр Петрович ЛИСИЦЫН (р. 1923) — специалист по морской геологии, член-корреспондент АН СССР, заведующий секцией морской геологии Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР, лауреат Государственных премий СССР.

Окончил Московский геологоразведочный институт и аспирантуру в Институте океанологии. Еще будучи студентом-дипломником, участвовал в первом рейсе исследовательского судна «Витязь». С тех пор работает в Институте океанологии.

В 1974 избран членом-корреспондентом АН СССР.

А. П. Лисицын — активный участник и организатор морских научных экспедиций; руководил морскими геологическими исследованиями в Антарктике; работал на американском научно-исследовательском судне для глубоководного бурения «Гломар Челленджер».

В 1983—1984 — начальник экспедиции на научно-исследовательском судне «Академик Мстислав Келдыш», проводившей изыскания в Индийском океане с применением подводных обитаемых аппаратов «Пайсис».

Среди проблем, которыми занимается А. П. Лисицын, прежде всего следует назвать познание механизма современного осадочного процесса. В числе его 400 научных работ монографии: «Распределение и химический состав взвеси в водах Индийского океана», «Процессы современного осадкообразования в Беринговом море», «Седиментация в Мировом океане» (на английском языке, США), «Осадкообразование в океанах», «Процессы океанской седиментации».

Он один из создателей атласов карт Антарктики, Тихого, Индийского и Атлантического океанов, 10-томной монографии «Тихий океан», одного из томов 10-томной монографии «Океанология» («Геологическая история океана»).

Карты абсолютных масс осадков, составленные впервые для морей и океанов А. П. Лисицыным, вскрыли основные закономерности в распределении осадочного материала на дне водоемов и служат фундаментом для различных теоретических обобщений.

Член редколлегий журналов «Литология и полезные ископаемые», «Известия АН СССР, серия географическая», «Геоморфология», двух международных журналов, член бюро Междуведомственного литологического комитета.

Анатолий Михайлович САГАЛЕВИЧ (р. 1938) — специалист по применению подводных обитаемых аппаратов для исследования океана, доктор технических наук, заведующий лабораторией научной эксплуатации глубоководных обитаемых аппаратов Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР, член Морского технологического общества.

Научную деятельность начал в Институте проблем управления (автоматики и телемеханики) АН СССР, где занимался вопросами морских измерений и создания аналогово-цифровых устройств для обработки информации. С 1965 работает в Институте океанологии.

Основная область научных интересов А. М. Сагалевича — разработка гидрофизической и геофизической аппаратуры, подводных обитаемых аппаратов и океанологические исследования с их применением. Под его руководством проводились исследования с использованием подводных обитаемых аппаратов «Пайсис» в нескольких экспедициях в различные районы Мирового океана. Совершил около 100 погружений в качестве командира аппаратов «Пайсис VII» и «Пайсис XI».

Автор более 100 научных работ.

А. П. ЛИСИЦЫН, А. М. САГАЛЕВИЧ

Путешествие на дно океана

Совсем недавно спуск в океан на глубину в несколько сотен метров был редким событием, к которому готовились годами. Проникнуть в глубь океана человеку, пожалуй, ненамного проще, чем полететь в космос. Достаточно сказать, что каждая тысяча метров глубины увеличивает давление на подводный аппарат на 100 атм, а на предельных глубинах оно достигает 1100 атм

Долгие годы глубина погружений в океан не превышала десятков метров, потом она перевалила за 1000 м, и только в 1960 г. были покорены максимальные глубины (около 11 тыс. м.). Но это было рекордное погружение на специально разработанном аппарате — батискафе, который впоследствии почти не использовался. Путь от рекордного спуска до освоения соответствующих глубин был всегда очень долгим, что определялось уровнем развития науки и техники, в частности космической. Только в 70-е годы ученым стали доступны для регулярных непосредственных исследований глубины 2—3 тыс. м. Идет подготовка к освоению глубин до 6 тыс. м.

Чем объяснить такой разрыв во времени между первыми рекордными погружениями и систематическими исследованиями на подводных обитаемых аппаратах? Он вообще характерен для развития техники: вспомним хотя бы путь, который прошла авиация от первого полета самолета до регулярного воздушного сообщения. И дело не только в совершенствовании технических устройств и материалов. При проведении подобных исследований появляются дополнительные трудности, которые обычно не возникают при отдельных погружениях. Ведь акванавт-исследователь должен детально изучить обширные участки дна, дать их точную привязку в пространстве, чтобы при последующих спусках их можно было легко найти. Нужно не только проникнуть на большую глубину, но и вести там планомерную работу, картировать океанское дно, целенаправленно отбирать пробы воды, образцы живых организмов и горных пород, использовать многочисленные приборы. И все это в условиях полной темноты, холода (обычная температура на глубине более 2 тыс. м — 3—4° С), придонных течений.

Особые опасности таит в себе расчлененный рельеф дна. Обычно мы представляем себе дно океана как равнину, покрытую илом. Такие участки действительно встречаются, но наибольший интерес у исследователей вызывают рифтовые долины срединно-океанических хребтов и подводные горы. Подобных горных сооружений, непрерывная цепь которых простирается в центральных частях океанов на десятки тысяч километров, нет на континентах. Этой зоне присуща высокая сейсмичность. Подводные землетрясения бывают тут почти каждый день, о чем говорят данные донных сейсмических станций, которые мы научились устанавливать в рифтовых долинах. Центральные части хребтов прорезаны вдоль их оси глубокими (до 1000 м и более) рифтовыми ущельями (долинами). Над океанскими пучинами нависают обрывы в сотни метров, а в отдельных местах вертикальные стенки достигают высоты 3—4 тыс. м. Рифтовые долины пересечены еще поперечными ущельями — трансформными разломами. В этом невероятном скоплении огромных скал и «бездонных» ущелий нетрудно затеряться!

Картину ада дополняет непрерывное внедрение в рифтовых зонах горячей разогретой до 1000—1200°С базальтовой лавы, которая наращивает границы литосферных плит. Именно здесь, в темноте, на глубине 2—3 тыс. м творится новая океаническая кора. Новая твердь рождается в океане! Причем не в геологическом прошлом, как недавно считали, а сейчас, на глазах у акванавта, которому удалось проникнуть в эту адскую кухню. Для подводных аппаратов опасны не только раскаленные базальты: во многих местах из недр бьют горячие (до+300—400°С) источники — гидротермы. Высокая сейсмичность, связанная с внедрением магмы и расширением рифта, таит новую угрозу: обвалы нависающих скал, сход подводных лавин, которые могут увлечь за собой и маленький подводный аппарат.

Представьте себе, как на глубине в несколько тысяч метров среди высоких скал пробирается во тьме в глубоком ущелье аппарат с исследователями на борту. Огни прожекторов выхватывают из темноты фрагменты дна, ранее никогда не виденные человеком. Луч скользит по верти-

кальной стене ущелья. Внизу мрак — дно ущелья уходит в бесконечность; вверху тоже незримая опасность: нависают скалы, могут быть оползни. Только на экране эхолота вспыхивают точки (определяется расстояние до невидимого дна), а на экране крошечного локатора появляются сигналы, отраженные от скрытых во тьме стенок ущелья. Аппарат медленно, как бы ощупью крадется среди хаоса, скользит вдоль отвесных обрывов, замирая на несколько минут для отбора проб, изучения подводного ландшафта. Стальная рука-манипулятор крепко сжимает пальцы, отламывая от скалы кусок породы, или осторожно забирает со дна морскую лилию либо коралл. Образцы надежно спрятаны в бункер, и вновь взвывают двигатели: аппарат продолжает двигаться по заданному маршруту. Это ведь не просто погружение, а геолого-биологическое исследование.

Акванавты прильнули к иллюминаторам, они непрерывно смотрят вперед и по сторонам. Световой конус прожектора уходит во мрак всего на 10—20 м, а дальше синевато-черные сумерки и потом, совсем рядом, полная ночь. Стоит подняться над дном на несколько метров, и оно исчезло, нащупать его можно только эхолотом. Движение подводного корабля напоминает полет вертолета в тумане у самой поверхности Земли. Здесь не разовьешь большой скорости! Метр за метром, обшаривая все впереди и вокруг лучами локаторов, перемещается подводный аппарат у дна.

Как и в авиации, все переговоры и данные непрерывно регистрируются магнитофоном, а все достойное внимания записывается на цветной видеомагнитофон и фотографируется. Яркая вспышка в темноте — это не катастрофа: акванавты ведут цветную съемку дна. Часть таких фотографий можно видеть на страницах этой книги; они сделаны Ю. А. Володиным.

Особенно радостно встретить во мраке океанских пучин огни другого подводного аппарата — в рейсе мы работаем на двух подводных аппаратах, которые движутся у дна параллельными курсами на удалении 2—3 км один от другого, всегда готовые прийти друг другу на помощь. Приятно услышать и голоса друзей по акустическому телефону, они работают где-то в соседнем ущелье. А двумя километрами выше над головой висит родной корабль. Его электронные приборы направлены в глубину, он помогает работе акванавтов. Каждое погружение требует участия практически всего экипажа судна (более 100 человек).

Исследования, о которых идет речь, — пока дело редкое. Сейчас количество подводных обитаемых аппаратов (ПОА), способных работать на глубинах около 2 тыс. м, во всем мире исчисляется единицами. Однако постепенно спуск в пучины океана становится все более ординарным событием, все менее напоминающим выса Луну. Достаточно сказать, что только рейсе научно-исследовательского судна «А мик Мстислав Келдыш» (рис. 1) нами выполнено 50 таких погружений на ПОА сис VII» и «Пайсис XI»(рис. 2). В этой эк ции Института океанологии имени П. П. шова АН СССР (ИОАН), продолжав около 4 месяцев (начало декабря 1983 начало апреля 1984 г.), исследования пр лись в районах рифта Таджура, горы Э хребта Брокен и горы Безрукова (рис. 3). акванавты провели у дна океана на глу около 2 тыс. м в общей сложности более и, продвигаясь почти ощупью, прошли в р вых зонах 90 км, отбирая пробы горных п воды, ведя геологическое картировани огромные, тяжелые и неповоротливые ба вы, а маленькие, легкие и юркие подв аппараты стали рабочими лошадками океа глубин.

Как же выглядит такой аппарат? Пож первое, что удивляет, это его размер кажется совсем малюткой. По величине он же, как и космический корабль: его гер ный обитаемый отсек сферической фор котором находится экипаж, имеет диаметр 2 м. В стальной оболочке, способной выде давление более 200 кг на каждый квадр сантиметр, размещаются три человека: (командир экипажа), бортмеханик и учены людатель. Каждый из них может вести ви ные наблюдения через свой иллюминат работе используется множество вспомог ных приборов.

Естественно, что у каждого члена эк свои обязанности, но в целом это сплоч коллектив подводной экспедиции, в которо ствия всех подчинены единой цели: выпо научную программу погружения и достав океанского дна уникальную информацию.

Внутри отсек больше всего похож на г скую кабину авиалайнера. Множество при

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Величина морских волн. Гидрографическая кон США опубликовала результаты многочисленных опы для определения длины, высоты и продолжительност ских волн. Самая длинная, наблюдавшаяся до настоя времени волна имела половину английской мили и для хождения через плотную точку требовала 25 секунд. Во время сильных бурь на севере Атлантического ок волны достигают 160 и 200 метров длины и длятся 10 до 11 секунд. Самые точные измерения определили соту волн в 13, 41 и 14,63 метра. Измерения эти отн сятся только к волнам, происходящим от обыкновен бурь, но не к волнам, образующимся при землетрясен на материке или на море.

разнообразные рукоятки и вентили, баллоны с кислородом, системы углекислотного поглотителя, балластировки, управления манипулятором, фотокамерами и видеомагнитофонами. Два акванавта, буквально обвивая приборы, располагаются вдоль сферической поверхности. Пилоту места около нее не хватает, и он стоит на коленях у рукояток управления, всматриваясь вдаль через иллюминатор, или ведет аппарат практически вслепую, следя за показаниями приборов и изображениями на экранах эхолота и локатора.

Внутрь кабины можно проникнуть через люк диаметром немного больше, чем у абажура настольной лампы. После закрытия люка экипаж дышит кислородом, запас которого рассчитан на трое суток, хотя продолжительность погружения обычно составляет 10—15 ч.

Верхняя часть ПОА — большой обтекаемый поплавок.

Движение аппарата у дна обеспечивают два электродвигателя. Они могут поворачиваться в разных направлениях и позволяют ПОА перемещаться подобно вертолету в любом направлении по горизонту, вверх, вниз. Причем скорость ПОА может быть разной, что особенно важно при работе в ущельях, под нависающими карнизами, у отвесных обрывов.

Чтобы увидеть дно и вести наблюдения, нужно находиться от него не более чем в 5—10 м, а отобрать пробу можно, лишь приблизившись к стене или дну на расстояние, доступное руке манипулятора (около 1 м), и зависнув над бездной на время, требуемое для такой операции. Обычно аппарат замирает как минимум на 5 мин, ведь надо не только описать естественное обнажение рельефа, но и сделать фотографии, видеозаписи. Пилот-акванавт в такие минуты должен быть поистине ювелирно точен.

ПОА буквально нашпигован различными сложными электронными приборами и датчиками. Аппаратура исследовательского комплекса дает возможность непрерывно регистрировать температуру, соленость, химический состав воды, скорость звука в ней. Мы уже упоминали гидролокатор и эхолот; есть еще система навигационных приборов, позволяющая вести ПОА по заданному курсу.

Абсолютно необходимые здесь разнообразные прожекторы могут поворачиваться в нужном направлении, рассекая мрак.

Подводный кораблик, движущийся в рифтовом ущелье, на глубине 2 км, только внешне выглядит одиноким огоньком. В действительности он соединен множеством незримых связей с судном наверху. Акванавты располагают акустическим телефоном, все перемещения подводного аппарата фиксируются гидролокаторами с судна, а также акустическими буями-ответчиками, расставленными по маршруту ПОА. На командном пункте судна следят за каждым шагом подводного аппарата. Его маршрут наносится на карты, текущие координаты с большой точностью определяются с помощью ЭВМ, на запросы из-под воды следуют четкие ответы. Время от времени надводный корабль переходит в новую точку, чтобы быть ближе к подводному аппарату, и здесь вновь замирает в режиме полной тишины. И так многие часы подряд, нередко круглые сутки, днем и ночью.

Перенесемся теперь на корабль, работающий с двумя подводными аппаратами. Судно делает какие-то удивительные пируэты, движется в разных направлениях, непрерывно определяя свои координаты по навигационным спутникам, потом на несколько часов замирает. Вдруг после многих перемещений вода около него оказывается освещенной, и на поверхность океана выскакивает маленькая точка с лампой-вспышкой — это мачта и рубка подводного аппарата, откуда идут сигналы радио- и проблескового маяка. От борта судна отделяется юркий катер, который подходит к аппарату, и после нескольких команд по радиотелефону на борт ПОА перебирается водолаз. Он закрепляет буксирный конец, и катер тянет аппарат к судну. Здесь уже готова целая команда матросов для подъема аппарата на борт корабля. К верхней части аппарата прикрепляется трос мощной лебедки, рубка немного поднимается над водой. Водолаз открывает люк, и в кабину врывается морской воздух — долгожданная для акванавтов минута, когда понимаешь, насколько вкусен и приятен настоящий воздух!

Подъем на борт и спуск на воду подводного аппарата, особенно в условиях свежей погоды и ночи, — трудное и небезопасное дело! Ведь аппарат на тросе, весящий 11 т, по сути — огромный маятник, который начинает раскачиваться при малейших кренах судна. Чтобы избежать этого, используется сложная система оттяжек и кранцев, на которой работает более десятка матросов.

Вот хлопоты затихли. И как самолет после дальнего перелета, аппарат, установленный на рельсах на палубе, облепили техники, которые уже начинают готовить его к следующему погружению. А тем временем корабль продолжает выполнять сложные маневры — за бортом ведь другой подводный аппарат. И пока его собрат запасает энергию в аккумуляторах, кислород и проходит обслуживание, он поднимается к поверхности и также попадает на борт корабля.

Так при хорошей погоде работы идут почти круглосуточно. При плохой их приходится прекращать.

А почему, собственно, человек должен сам совершать погружение в океанские глубины и не может поручить их исследование автоматическим устройствам?

Уже несколько десятилетий океан успешно

изучается с помощью приборов, спускаемых с борта научно-исследовательских судов. Благодаря автоматизации процесса сбора океанологических данных в последнее время удалось покрыть наблюдениями обширные площади Мирового океана. Однако сейчас огромная накопленная информация об океане нуждается в дальнейшем уточнении. Для этого необходимы новые технические средства и методы исследований, которые позволяли бы человеку непосредственно контактировать с изучаемыми объектами, преодолеть толщу воды, отделяющую его от океанского дна. Качественно новая информация может быть получена в результате непосредственных визуальных наблюдений, целенаправленного сбора образцов, управления сложными измерительными комплексами в глубинах океана.

Такую уникальную возможность и предоставляют ученому подводные обитаемые аппараты. Абсолютно автономные, маневренные, легко управляемые, они при соответствующем оснащении могут решать практически любые океанологические задачи на принципиально новом научно-техническом уровне. Подобно тому как изучение космоса на современном этапе невозможно без пилотируемых кораблей, исследование океана по ряду научных направлений немыслимо без подводных обитаемых аппаратов.

И их использование оправдывает себя.

В рифте Таджура наша экспедиция за месяц выполнила 40 погружений на подводных аппаратах. За это время удалось закартировать большую площадь дна рифта, прицельно отобрать 175 геологических образцов вдоль маршрутов, получить 385 цветных фотографий, сделать 14 ч видеозаписей. Составлена и геологическая карта дна на глубинах около 1,5 км.

Это были далеко не первые погружения советских ученых на ПОА «Пайсис»: позади работы на озере Байкал, в Средиземном и Красном морях, Тихом и Атлантическом океанах. Каждый из аппаратов совершил уже более 200 спусков в океанские глубины. В 1979—1980 гг. с их помощью были получены данные, непосредственно подтверждающие раздвигание литосферных плит по оси Красноморского рифта. Уникальный научный материал собран в 1982 г. при исследовании подводного хребта Рейкьянес (к югу от Исландии). Здесь в тяжелых погодных условиях северной Атлантики удалось провести 22 погружения на глубину до 2140 м.

Именно с помощью ПОА американским ученым удалось сделать важное открытие фундаментального характера. Речь идет об упоминавшихся гидротермальных источниках на дне океана с высокой температурой воды, бьющих из недр Земли на глубинах свыше 3000 м. Эти действующие гидротермы окружены необычными биологическими оазисами, населенными живот-

Рис. 1. Научно-исследовательское судно «Академик Мстислав Келдыш»

Рис. 2. Спуск ПОА «Пайсис» с борта судна

ными гигантских размеров, многие виды к
рых обнаружены впервые. На дне океана б
открыта новая экосистема, основанием кот
служат хемосинтезирующие серные бактери
отсутствие солнечного света и под дейст
тепла земных недр они питают все живое и
мулируют рост донных организмов.

В районах выходов высокотемпературн
гидротерм найдены отложения серы, же

Рис. 3. Маршрут научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» в 7-м рейсе (декабрь 1983 г. — апрель 1984 г.). Квадратиками отмечены три района исследований с помощью ПОА «Пайсис»: *1* — рифт Таджура; *2* — гора Эррор; *3* — хребет Брокен и гора Безрукова. Порты захода Аден, Джибути, Коломбо, Сингапур. Рейс начался в Новороссийске и закончился во Владивостоке

марганца, серных соединений меди, цинка, кадмия, кобальта и других металлов. Это заставило пересмотреть концепции современной геологии в отношении запасов полезных ископаемых на дне океана.

В недавних экспедициях ИОАН, в которых использовались ПОА «Пайсис», на дне океана были обнаружены обширные массивы рудных тел и корок, характеризующихся высоким содержанием марганца, железа, никеля, меди, кобальта и т. д. Такие открытия были сделаны в 7-м рейсе судна «Академик Мстислав Келдыш», а также в 9-м рейсе (ноябрь 1984 г. — февраль 1985 г.), во время которого изучались подводные горы Тихого океана. Их вершины и склоны покрыты сплошным толстым слоем рудных образований. Предварительная оценка месторождений: они весьма перспективны с точки зрения будущих промышленных разработок.

Советские океанологические экспедиции ИОАН проводят исследования с помощью подводных аппаратов по другой методике, нежели французские или американские ученые. Обычно за рубежом работы ведут в два этапа. Сначала осуществляется подготовительная геолого-геофизическая съемка на полигонах (небольших участках в океане), где намечаются места для детальных наблюдений с ПОА. После возвращения исследовательского судна в порт выполняется обработка собранных материалов, строятся карты и геологические разрезы. И только тогда в выбранный район отправляется другое судно-носитель с подводными аппаратами на борту и проводятся погружения по заданной схеме. Если в ходе работ обнаруживается что-либо неожиданное, а так обычно и бывает, то возможности провести дополнительные надводные исследования нет: ведь судно-носитель такими приборами, как правило, не обладает.

В СССР разработан и внедрен другой подход: исследования выполняются в один этап с одного крупного исследовательского судна, причем не с одним, а с двумя подводными аппаратами на борту. Это потребовало резкой интенсификации работ, новой их организации, широкого применения ЭВМ и автоматизированных устройств. Новая система возникла не сразу, в полном виде она была впервые испытана в 7-м рейсе с корабля «Академик Мстислав Келдыш». В Индийском океане метод подтвердил свою исключительную эффективность. Он дает возможность максимально уплотнить время использования дорогостоящего крупного судна и, что особенно важно, увеличить эффективность научных изысканий, повысить их безопасность. Всегда есть возможность провести дополнительные исследования в районах, которые выявились

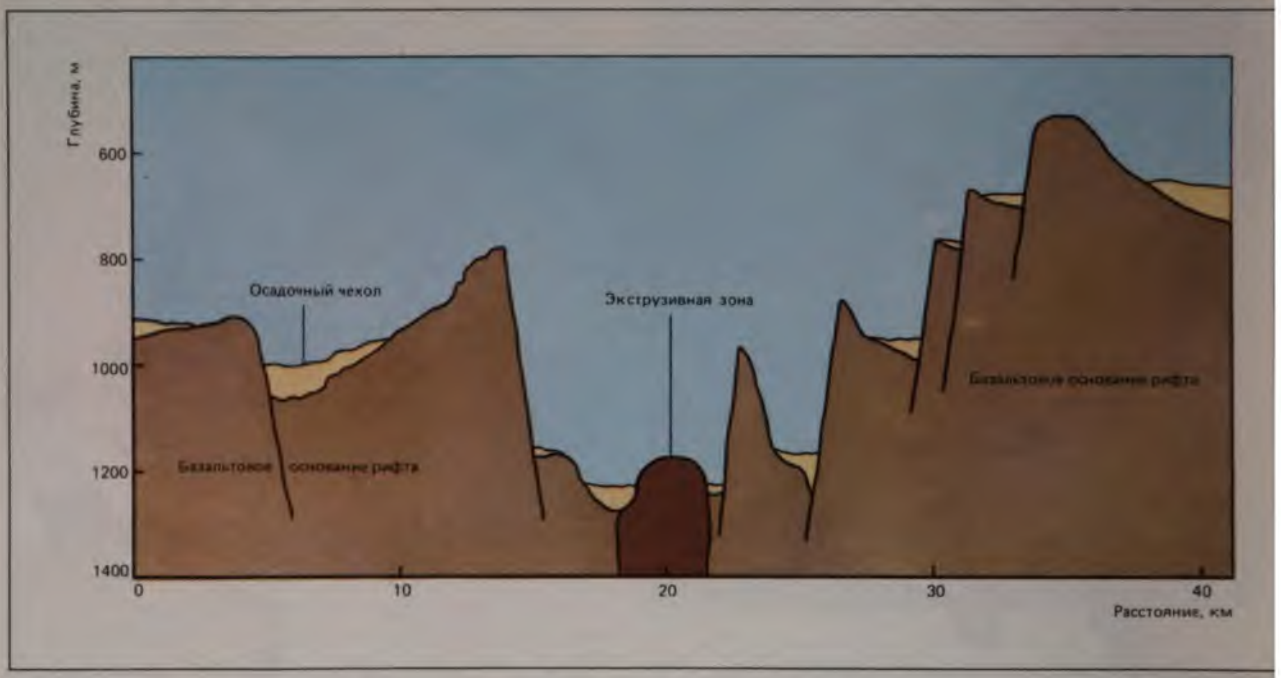
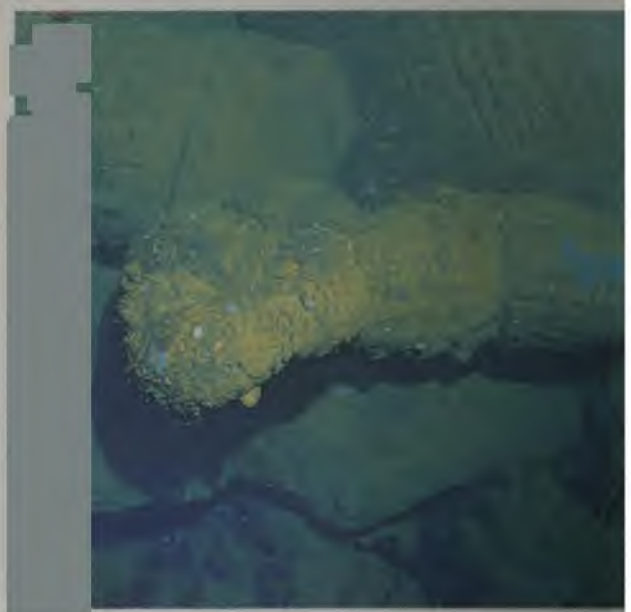


Рис. 4. Разрез через рифт Таджура. От экструзивной зоны (осевая зона рифта, в которой происходит извержение лавы) по обе стороны поднимаются каскады краевых сбросовых уступов



как наиболее интересные при работах на подводных аппаратах. Во время зарядки аккумуляторов ПОА или при неблагоприятных погодных условиях может выполняться дополнительная геолого-геофизическая съемка, изучаться геохимия водной толщи и донных осадков.

Высокую точность исследований обеспечивает ЭВМ, которая ведет судно по заданному маршруту, немедленно обрабатывает полученную информацию, составляет серии батиметрических и геофизических карт, используемых уже при ближайшем погружении, всего через несколько часов после очередных промеров. Есть необходимость и в обобщающей оперативной обработке данных, их предварительном синтезе. Поэтому на борту корабля 2—3 раза в сутки проводятся заседания научно-технического совета с участием всех научных сотрудников. Здесь обсуждаются полученные результаты, просматриваются видеофильмы, снятые при погружениях, демонстрируются образцы и фотографии. Плавучий научно-исследовательский

Рис. 5. Лавовые трубы на вершине вулканической горы (рифт Таджура)

Рис. 6. Трубчатые лавовые образования удлиненной формы на крутом склоне вулкана (рифт Таджура)

Рис. 7. Вторичное ответвление лавового потока (рифт Таджура)

Рис. 8. Пустотелые лавовые образования на склоне вулканической постройки (рифт Таджура)

геологический институт работает с полной нагрузкой.

Представьте себе, что вы вместе с акванавтами готовитесь к погружению на дно рифтовой зоны. Звучат команды и запросы: «Люк задраен... Начали буксировку аппарата... Водолазы ушли с борта... Прошу разрешения на погружение... Погружение разрешаю... Клапаны вентиляции открыты... Начало погружения (указывается время)...» Потом серия докладов о работе приборов в начале погружения. В кабине темнота, светятся шкалы приборов, в иллюминаторах голубая вода быстро сменяется синей, потом черноватой, и вот полная темнота, которую разрывают лучи светильников. Видны причудливые постройки планктона — зонтики, воронки, нити, между которыми снуют мелкие рачки и рыбы, иногда солидно прошествует краб, появится кальмар (нередко более метра длиной) или сверкнут глаза акулы. Прожекторы включаются периодически — надо беречь энергию аккумуляторов для работы у дна.

Рис. 9. Вершина лавового купола на дне рифтовой долины (рифт Таджура). Видно, как манипулятор ПОА «Пайсис» отбирает образец

Рис. 10. Глыбовые лавы рухнувшего купола (рифт Таджура). На них прикрепились актинии

Рис. 11. Пористые долериты в сердечнике лавового купола (рифт Таджура)

Рис. 12. Стенка лавового озера на вершине одного из куполов (рифт Таджура)

По мере приближения к нему (стрелка указателя глубины) все большее внимание акванавтов привлекают экраны эхолота и локатора. Идут переговоры с кораблем, регулярно сообщаются глубина и сведения о работе систем. Дно скоро должно появиться, но его не видно. Скорость погружения снижается, все акванавты всматриваются в иллюминаторы: на дне возможны узкие острые пики и другие неожиданности... Вот появились какие-то затемнения, которые постепенно начали просматриваться как отдельные глыбы, выступающие из белого ила. Под нами дно!

Гудят двигатели, аппарат еще больше замедляет движение, и его широкие алюминиевые лыжи осторожно становятся на дно. Снова доклад на борт судна, новая проверка систем, привязка точки начала работ, и исследования у дна начинаются.

Главной задачей первого в 7-м рейсе погружения подводного обитаемого аппарата «Пайсис XI»(после тщательной его проверки на борту корабля) было техническое опробование под водой всех систем и приборов на глубинах 200, 500, 800 м (в режиме зависания) и, наконец, на дне, на глубине 1300 м. Затем планировалось, двигаясь по заданному курсу, выполнить геологические исследования в западной части рифта Таджура.

Рейсу предшествовала длительная подготовка подводных аппаратов. Небольшая группа специалистов Института океанологии тщательно перебрала все их системы, заменила отдельные узлы и детали, провела испытания на суше. Первый спуск должен показать, каков результат выполненных ремонтных работ, насколько надежны аппараты при погружениях. Люди не должны сомневаться в надежности аппарата, доставляющего их на дно океана. Уверенность в безопасности погружения позволяет исследователю полностью сконцентрировать свое внимание на научных задачах.

Конечно, не каждый спуск протекает гладко. Некоторые погружения прерывались из-за неисправностей отдельных систем аппарата. Следовало экстренное всплытие, и затем на борту судна независимо от времени суток неисправности устранялись.

Рифт Таджура в классификации геологических объектов занимает промежуточное место между континентальными и океанскими рифтами, являясь переходной зоной между африканскими и океаническим низкоспрединговым хребтами (спрединг — тектоническое раздвигание океанического дна). Подводным исследованиям предшествовала геофизическая съемка полигона, по данным которой были составлены детальная карта рельефа дна и серия геофизических карт. По ним планировались погружения аппаратов, устанавливались донные гидроакустические маяки, по которым осуществлялась точная навигационная привязка ПОА у дна.

Подводные исследования велись по методу расширяемого полигона: детальное изучение первоначально выбранного участка и последующее его расширение в направлении простирания рифтовой долины. Такой подход позволил обнаружить гидротермальные изменения на дне и провести исследования рифтовой долины на протяжении 75 км.

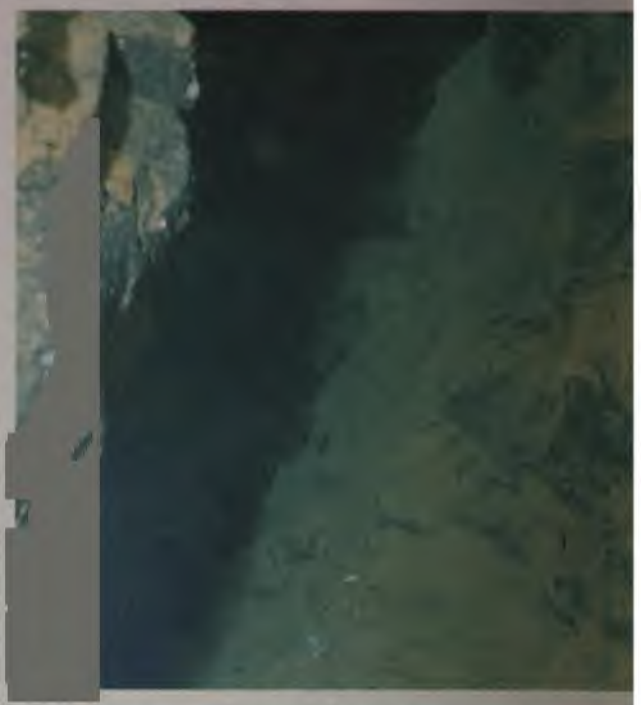


Рис. 13. Тектоническая трещина (гъяр) у основания краевого уступа (рифт Таджура)

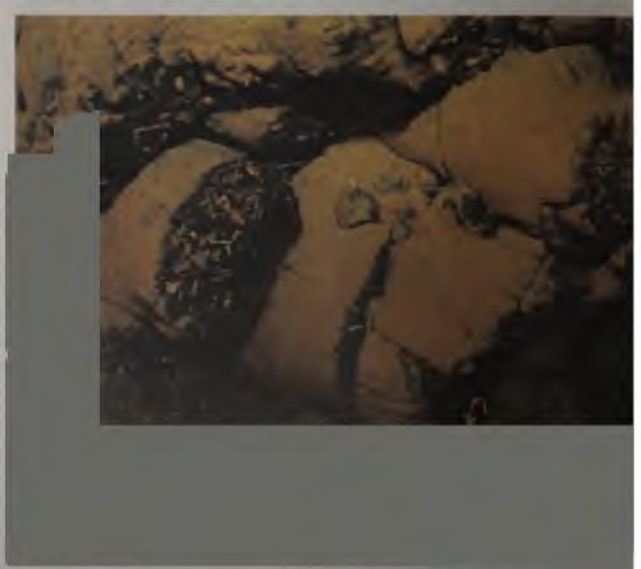


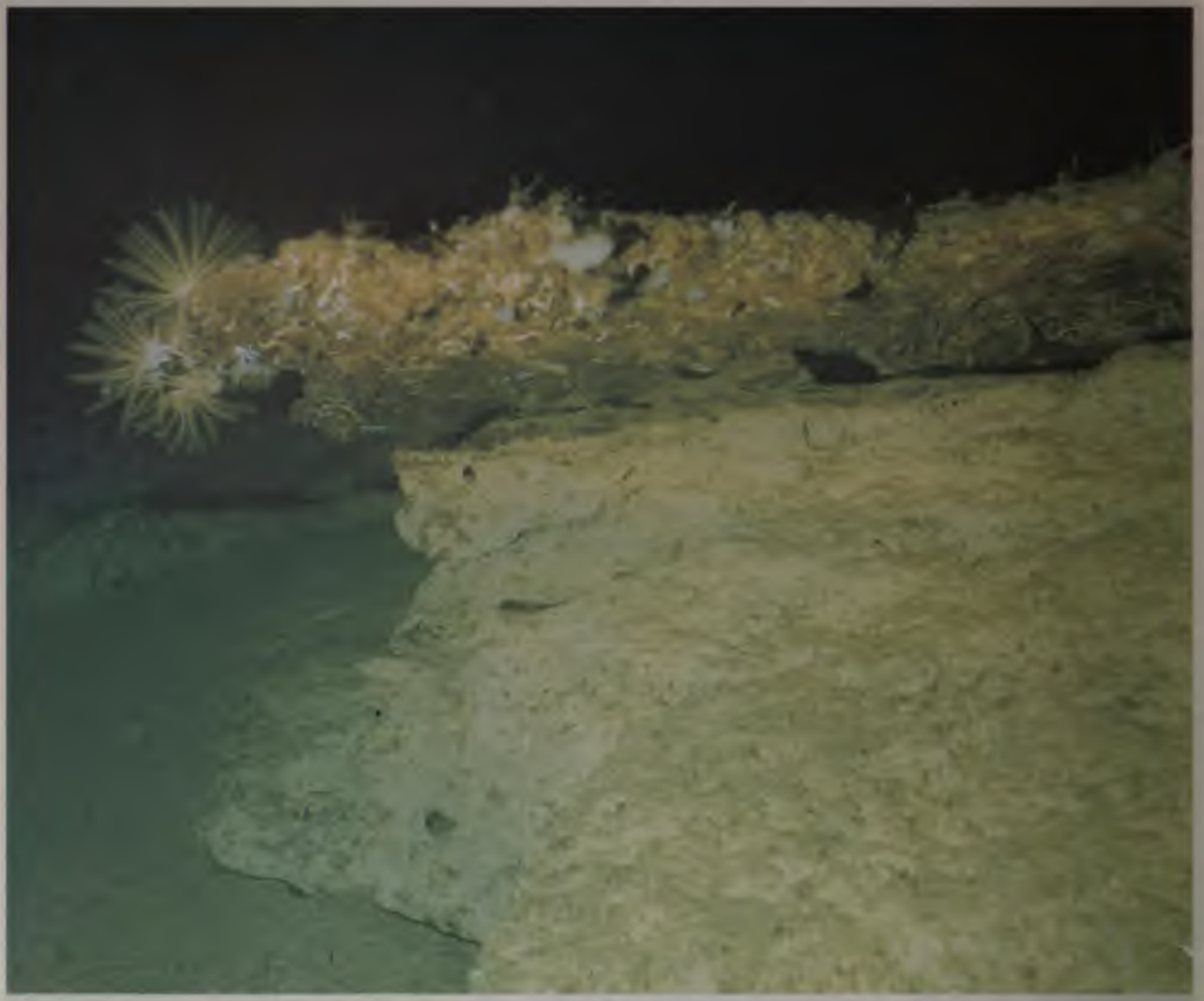
Рис. 14. Срезанные лавовые трубы в стенке гъяра (рифт Таджура)

Рис. 15. Крупноглыбовые осыпи, слагающие склон краевого сбросового уступа. На них поселились горгониевые кораллы (рифт Таджура)

Рифт Таджура представляет собой широтно вытянутую депрессию шириной около 30 км, ограниченную с обеих сторон краевыми сбросовыми уступами — каскадами ступеней высотой —200 м каждая (рис. 4). Общая высота уступ — 600—800 м. Они поднимаются от основа- депрессии, лежащего на глубине 1300— 0 м. Осевая (экструзивная) зона рифта занимает полосу шириной 1—1,5 км и характеризуется сильно изрезанным рельефом.

По наблюдениям с ПОА «Пайсис» в осевой зоне встречается два типа вулканических построек: вулканические горы и долинные аппараты.

Первые увенчаны одной или несколькими вершинами остроконечной формы, на которых хорошо видны наслоения лавовых труб (рис. 5). Крутизна склонов меняется от вертикали до горизонтали в зависимости от нагромождения лавовых тел. Однако во всех случаях направления склонов и лавовых потоков совпадают. На пологих участках встречаются массивные лавовые подушки, на крутых — трубы удлиненной формы (рис. 6). Появляются здесь и вторичные лавовые потоки: местами лава выжималась вверх и застывала наподобие зубной пасты,



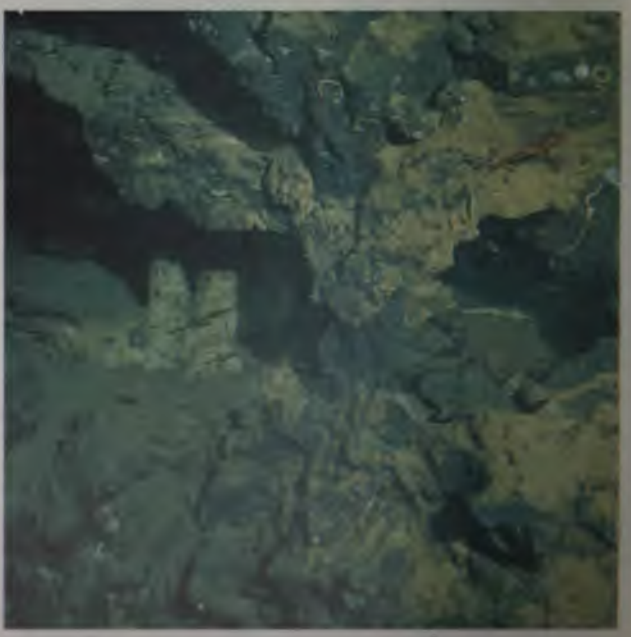


Рис. 16. Стенка из слабоуплотненных осадков, возникших под воздействием гидротерм (рифт Таджура)

Рис. 17. Полоса термальноизмененных базальтов в нижней части сбросового уступа (рифт Таджура)

Рис. 18. Ниша на месте ранее действовавшего низкотемпературного источника (рифт Таджура)

Рис. 19. Наплывы марганцевых руд на выходе ранее действовавшего гидротермального источника (рифт Таджура)

выдавленной из тюбика (рис. 7). По всему склону разбросаны свежие пустотелые трубы, из которых лава вытекла, что наводит на мысль о недостаточно сильном напоре магмы при ее излиянии (рис. 8). Наблюдения показали, что вулканические горы не имеют единого центра извержений типа кратера. По-видимому, у каждой из них было несколько центров одновременно или они возникали последовательно, блуждая по поверхности горы.

Долинные аппараты располагаются на дне рифтовой долины, группируясь либо на поднятиях экструзивной зоны, либо в складках рельефа. Они представлены в основном лавовыми куполами — полыми внутри лавовыми вздутиями диаметром 20—50 м и высотой 7—15 м (рис. 9). Вершины куполов покрыты радиальными трещинами остывания. Иногда попадались купола, от которых остались лишь стенки высотой 3—

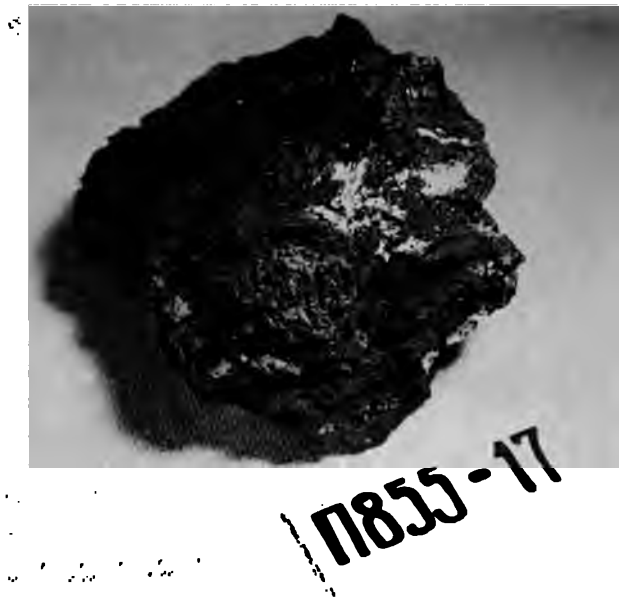


Рис. 20. Образец марганцевой руды, отломанный манипулятором ПОА «Пайсис» (рифт Таджура)

4 м, а вершина рухнула вниз и образовала нагромождение глыбовых лав (рис. 10). В отличие от вулканических гор склоны вздутий гладкие, через трещины видно внутреннее строение купола. Сердечник купола сложен пористыми долеритами, имеющими пластовую структуру (рис. 11). Вероятно, они застыли в подводящем канале, питающем купола.

На вершине одного из куполов был обнаружен остаток лавового озера размером 3×5 м. От стенок озера осталось лишь несколько базальтовых сооружений в виде небольших скал высотой 1—1,5 м (рис. 12). У основания стенок находятся лавовые трубы, через которые, очевидно, вытекла лава из озера.

Долинное расположение лавовых куполов, их небольшая высота, разнообразие форм лавовых излияний говорят о слабом напоре поступающей к поверхности дна магмы. Она стоит вблизи дна, под куполом, в течение времени, достаточного для ее застывания. Лавовые купола на дне рифтовых зон обнаружены впервые. Это специфическая особенность рифта Таджура. Видимо, вулканические постройки здесь возникали в результате одноразового излияния лавы, что указывает на явный дефицит магмы.

При движении в сторону от осевой вулканической зоны подводный аппарат попадает в область выровненных осадками краевых депрессий шириной 2—4 км. Мощность осадков на них возрастает в направлении от оси рифтовой долины к периферии от нескольких сантиметров до десятков метров.

Сплошной покров осадков нарушается зияющими трещинами — гьярами, образовавшимися под воздействием растягивающих напряжений. Как правило, гьяры приурочены к подножию краевых уступов или долинных вулканических построек (рис. 13). Ширина трещин достигает 25—30 м, что позволяет войти аппарату туда и обследовать их стенки, в которых обнажаются срезанные лавовые трубы (рис. 14). Эти трещины разрыва без заметного вертикального смещения явно свидетельствуют о раздвигании океанической коры, идущем в рифтовых зонах.

Параллельно оси рифта по его краям тянутся тектонические ступени сбросовой природы. Лишь изредка сбросовые уступы расположены симметрично. Как правило, в рифте Таджура ступени южного борта в 1,5—2 раза шире, чем северного, достигая местами ширины 4—5 км. Кроме того, ступени северного борта расположены ниже, чем соответствующие им ступени южного борта. Возможно, это объясняется тем, что первые начали формироваться значительно позднее вторых и не успели подняться до тех же глубин. По наблюдениям с подводных аппаратов лишь в верхней части сбросовых уступов есть стенки с обнажениями базальтов. Бóльшая же часть уступов сложена крупноглыбовыми осыпями базальтов, которые могут быть интерпретированы как индикаторы разлома (рис. 15). Несомненно, появление осыпей связано с перемещениями блоков при образовании уступов и обусловлено происходившими здесь землетрясениями.

В рифте Таджура обнаружены различные гидротермальные образования — результат воздействия на базальты и осадки маломощных низкотемпературных источников. Например, здесь часто встречаются слабоуплотненные осадки, приуроченные чаще всего к краям экструзивной зоны, областям развития гьяров и краевым уступам в местах их поперечных нарушений. Такие осадки порой образуют вертикальные стенки высотой до 5 м (рис. 16). Сверху осадки покрыты очень плотной известковой коркой. По наблюдениям из подводных аппаратов она может занимать площади до 100 м^2, залегая не только на слабоуплотненных осадках, но и на базальтах фундамента.

При изучении одного из сбросовых уступов (погружения ПОА «Пайсис XI» № 120 и 121) были обнаружены большие площади, покрытые тонкой пленкой карбонатного материала характерных желтых и темно-коричневых цветов, что резко выделяло ее среди базальтов, слагающих стенку. Внизу уступа располагалась горизонтальная светлая полоса шириной около 1 м (рис. 17). Анализ отобранных здесь образцов показал, что эта часть уступа сложена известняками, измененными в результате гидротермальной деятельности.

При движении аппарата вверх в стенках были найдены углубления типа ниш высотой около 20

Рис. 22. Горгониевый коралл в виде зонтика со спиралеобразной ножкой на габбро-диабазах (гора Эррор)

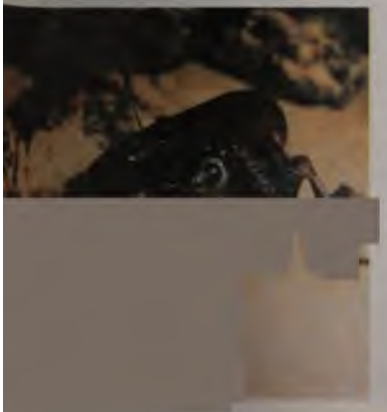


Рис. 21. Рыба «черт» (рифт Таджура, глубина — порядка 1,5 км)

см и глубиной до 10—15 см (рис. 18, 19). Базальты по стенкам ниш покрыты тонкой, очень прочной пленкой карбонатного материала. Дно ниш устлано серой карбонатной коркой в виде наплыва: на ее поверхности достаточно отчетливо видны следы течения вязкого вещества из глубины ниш.

По краям корки хорошо заметны черные образования в виде валиков.

«Погружение было прервано в связи с тем, что при попытке отобрать образец гидротермально измененной корки черного цвета был сломан манипулятор, и главная часть его повисла на шлангах системы гидравлики. В 13 часов 58

Рис. 23. Актиния среди габбро на склоне горы Эррор

Рис. 24. Известняки в верхней части горы Эррор. Видны скопления отмерших кораллов

минут принято решение всплывать, так как при проведении дальнейших наблюдений манипулятор может быть утерян» (из отчета экипажа ПОА «Пайсис XI» о погружении № 127).

Нет надобности говорить, насколько важен отбор образцов при проведении геологических исследований с ПОА. Взять образец не всегда просто, в особенности если его надо отломать от коренной породы. Ее высокая прочность заставляет прилагать большие усилия, которых подчас не выдерживают даже металлические конструкции манипулятора.

В последующих погружениях было отломано несколько кусков черной гидротермальной корки, анализ которых показал, что содержание марганца в них колеблется от 36 до 55% (рис. 20). В этих марганцевых рудах повышенное содержание железа (до 11,5%), а также меди, никеля, кобальта, ванадия и т. д.

Главная специфическая особенность рифта Таджура заключается в том, что он относится к редкому типу «голодающих» рифтов, т. е. испытывающих дефицит вулканизма. Магматического вещества здесь не хватает для заполнения

Рис. 25. Горгониевые кораллы, образующие заросли на склоне горы Эррор

Рис. 26. «Стеклянная» бокаловидная губка и горгониевые кораллы с поселениями офиур на склоне горы Эррор

всех формирующихся открытых трещин и образования крутых вулканов.

Корабль совершает переход, и вот мы у следующего объекта исследований — горы Эррор (см. рис. 3). Она представляет собой широтно вытянутое поднятие, возвышающееся над окружающей поверхностью с глубины 4500 м до 400 м. Длина поднятия — около 130 км, ширина — 40—60 км. Северный склон горы значительно круче южного. На каждом из них было выполнено по два погружения.

«В 17 часов 36 минут аппарат достигает глубины 2010 м, что соответствует максимальной глубине погружения «Пайсиса». На такую глубину аппарат после ремонта, проводившегося перед экспедицией, не погружался. Проверяем системы аппарата, затем начинаем двигаться вверх по склону горы» (из отчета экипажа ПОА «Пайсис XI» о погружении № 130).

«На участке с глубинами от 2 км до 1,9 км аппарат двигался над крутыми обрывистыми обнаженными габбро, которые чередовались с пологими уступами, покрытыми белоснежными фораминиферовыми осадками. Чередование

Рис. 27. Сообщество морских ежей на горе Безрукова

иссиня-черных габбро и белых осадков на дне выглядит очень эффектно. На выступах габбро часто встречаются горгониевые кораллы необычной красоты и другие животные» (из отчета о погружении № 130, см. рис. 22, 23).

Обнаружение габбро-диабазов (горных пород, промежуточных между двумя типами пород: габбро и диабаз) в нижних частях горы указывает на то, что ее цоколь — типичная океаническая гора. По-видимому, данный участок после формирования коры испытал подъем, который сопровождался интенсивными тектоническими процессами, о чем говорит сильная раздробленность габбро. На южном склоне находятся габбро-диабазы, сцементированные карбонатным веществом. Анализ на борту судна показал, что оно содержит скелетные остатки донных организмов, обитающих обычно на глубинах менее 100 м. Возраст этих образований составляет более 20 млн. лет. Можно заключить, что образование карбонатных пород происходило в условиях мелководья и уже затем в результате тектонических подвижек отложения опустились вниз.

Выше (глубины 1800—1550 м) на склонах обнажаются слоистые известняки, близкие по составу к тем, образцы которых были получены на бо́льших глубинах из трещин в габбро, но

Рис. 28. Морские ежи, поедающие мягкие части горгониевых кораллов (гора Безрукова)

более молодые (13—14 млн. лет).

Известняки местами покрыты отмершими горгониевыми кораллами, образующими здесь настоящие кладбища (рис. 24). При движении вверх по склону на глубинах 1300—1350 м аппарат попал в густые заросли из горгониевых кораллов, через которые временами приходилось буквально продираться (рис. 25). Кое-где на кораллах располагаются поселения офиур и других живых организмов. Характерное «украшение» ландшафта — «стеклянные» бокаловидные губки (рис. 26).

На хребте Брокен и горе Безрукова было выполнено шесть погружений. Она — вулканическое сооружение. Нижняя ее часть формировалась при подводных излияниях щелочных базальтов, а верхняя — в субаэральных условиях, т. е. в воздушной среде. Со времени образования гора опустилась более чем на 500 м. На склонах горы вулканогенные породы перекрыты очень молодыми (менее 2 млн. лет) осадочными образованиями (брекчиями, биогенными известняками). На обширных пространствах ее верхней части и вершины разбросаны многочисленные колонии морских ежей (рис. 27). Один из источников их пищи — горгониевые кораллы (рис. 28).

Уоррен КИНГ (King)
(р. 1948) — австралийский специалист по физике облаков, ведущий научный сотрудник лаборатории физики облаков Государственной организации по научным и промышленным исследованиям *(CSIRO)* в Сиднее.
Закончил Университет штата Квинсленд (1969). Степень доктора получил в 1973 в Университете Новой Англии (Армидейл, шт. Новый Южный Уэльс), где проводил исследования механических напряжений в атмосферных ледяных частицах.
У. Кинг занимался измерением атмосферных ледяных ядер в Университете штата Вайоминг (США). В 1975 приступил к работе в *CSIRO* и возглавил программу по активному воздействию на облака. Его усилия были направлены на оборудование самолета для облачных измерений и их проведение, что потребовало изучения проблемы возможных ошибок, которые возникают за счет искажений, вносимых самолетом.

У. КИНГ

Облака: взгляд с исследовательского самолета

По каким бы путям ни шло развитие физики облаков в мире — этой новой области науки, зародившейся в конце второй мировой войны, — австралийские ученые в отличие от специалистов других стран буквально вынуждены использовать самолеты: ведь изучаемая территория огромна, облака, образующиеся в сухой атмосфере, находятся на большой высоте, а подходящих горных систем, с которых можно было бы вести их наблюдения наземными методами, нет

Облака и дожди всегда заботили австралийцев, живущих на самом засушливом континенте. Фермеры старались обзавестись как можно более совершенными приборами, следящими за погодой, а годовая сумма осадков во многом определяла ценность фермерской земли. Немало значат для фермера, особенно из отдаленных районов, и воздушные сообщения, помогающие ему не столь сильно ощущать свое одиночество и оторванность от мира. Прилет врача, почтальона, коммивояжера — ординарное событие в жизни австралийца. Поэтому столь естественен для него альянс синоптики и авиации.

В Австралии исследования процессов, протекающих внутри облаков, уже стали традиционными. Ученых интересует, какие аэрозольные частицы служат ядрами для зарождения облачных капель, как соотносятся по размеру эти частицы и образующиеся на них капли, как влияют на содержание воды в облаках восходящие потоки. Значительные усилия прилагаются и для решения прикладных задач. Речь идет в первую очередь об активном воздействии на погоду, в частности путем засева облаков, и многие из ранних экспериментов такого рода были проведены в Австралии. Поскольку физика облаков все еще остается молодой наукой, большинство приборов для измерения представляющих интерес облачных характеристик приходится разрабатывать самим исследователям. Статья как раз и посвящена работам Государственной организации по научным и промышленным исследованиям Австралии *(CSIRO)* по созданию самолетных инструментальных методов для подобных измерений и по определению влияния самолета на точность измеряемых параметров.

Облака

То, что мы видим как облако, есть не что иное, как свет, отраженный от совокупности водяных капель или ледяных кристаллов. Облака с резкими границами, например растущие кучевые облака с вершинами, напоминающими цветную капусту (рис. 1), обычно состоят из водяных капель, типичный диаметр которых составляет от 10 до 20 мкм. Резкие границы образуются потому, что капли быстро испаряются, как только они выходят за пределы влажного облачного воздуха. Облака из ледяных кристаллов, как правило, содержат меньшее количество частиц, но более крупных, способных дольше сохраняться в сухом воздухе. Очень часто это облака с нечеткими очертаниями, имеющие волокнистую структуру. Заметное различие во внешнем виде облаков может быть использовано, однако возможны и ошибки, особенно в тех случаях, когда облако окружено влажной воздушной массой и мелкие водяные капли за его пределами испаряются не столь быстро; облако, состоящее целиком из капель, внешне может выглядеть волокнистым.

Примем, что в среднем капельное облако состоит из водяных капелек диаметром 15 мкм. Дождевые капли, падающие на поверхность Земли, конечно, значительно крупнее и обычно имеют размер от 1 до 5 мм. Чтобы возникла дождевая капля, должны слиться воедино миллионы облачных капелек (рис. 2). Здесь я не буду касаться деталей процесса столкновения и слияния капель, отмечу лишь, что процесс формирования дождя начинается только тогда, когда в облаке присутствует некоторое количество более крупных по сравнению с окружающими частиц. Этими крупными частицами могут быть капли воды, выросшие на достаточно больших ядрах, или кристаллы льда. Однако какими бы ни были первичные зародыши, вероятность дождевых осадков и их интенсивность очень сильно зависят от числа возникших крупных капель и от величины, называемой водностью.

Водность

Водность характеризует долю облачного пространства, занятую каплями. Обычно ее выра-

жают плотностью, и значение водности, типичное для небольшого растущего кучевого облака, — 10^{-3} кг·м$^{-3}$ (поскольку плотность воды порядка 10^3 кг·м$^{-3}$, можно заключить, что капли занимают лишь одну миллионную долю облачного пространства). Очевидно, что на размер дождевых капель существенно влияет величина водности. Когда большая капля падает сквозь облачный слой, количество воды, которое она собирает, сливаясь с облачными капельками, пропорционально водности и площади ее собственного сечения. Сечение же само растет по мере накопления воды в капле. Протекающий процесс характеризуется сильной обратной связью. В итоге удвоение водности может привести к десятикратному увеличению массы дождевой капли.

Величина водности также определяет количество льда, нарастающего на крыльях самолета при полете сквозь переохлажденное облако. В переохлажденных облаках при температуре ниже 0° С капли остаются незамерзшими, поскольку не содержат ядер, необходимых для преодоления энергетического барьера при переходе в твердую фазу. Сталкиваясь с чем-нибудь твердым, например с крылом самолета, они моментально замерзают, увеличивая вес самолета. Мало того, наросты льда нарушают гладкость поверхности крыла, как следствие повышается лобовое сопротивление.

Масса наросшего льда пропорциональна водности, скорости полета, максимальной площади поперечного сечения крыльев, времени экспозиции. Как показывают простые оценки, легкий самолет, летящий со скоростью 100 м·с$^{-1}$ в облаке с водностью $2 \cdot 10^{-3}$кг·м$^{-3}$, набирает около 40 кг льда в минуту, что эквивалентно посадке нового пассажира каждые две минуты! Многие из ныне действующих гражданских самолетов способны взять на борт не более 10 пассажиров. Опасность увеличить свой вес и рост лобового сопротивления заставляют такие машины избегать продолжительных полетов в переохлажденных облаках.

Даже столь конспективный рассказ о влиянии водности на формирование осадков и обледенение самолетов позволяет понять, почему специалисты по физике облаков тратят так много сил на определение этой величины с максимально возможной точностью. Вначале исследователи использовали цилиндрические стержни (пруты) разного диаметра и по наросшему на них льду определяли, как суммарная водность облака распределена между облачными каплями различных размеров. Этот способ очень привлекателен, но объем получаемой таким путем информации довольно ограничен, ведь отдельный стержень обычно экспонируется в облаке около 30 с и собирает воду только из нескольких сотен литров облачного воздуха.

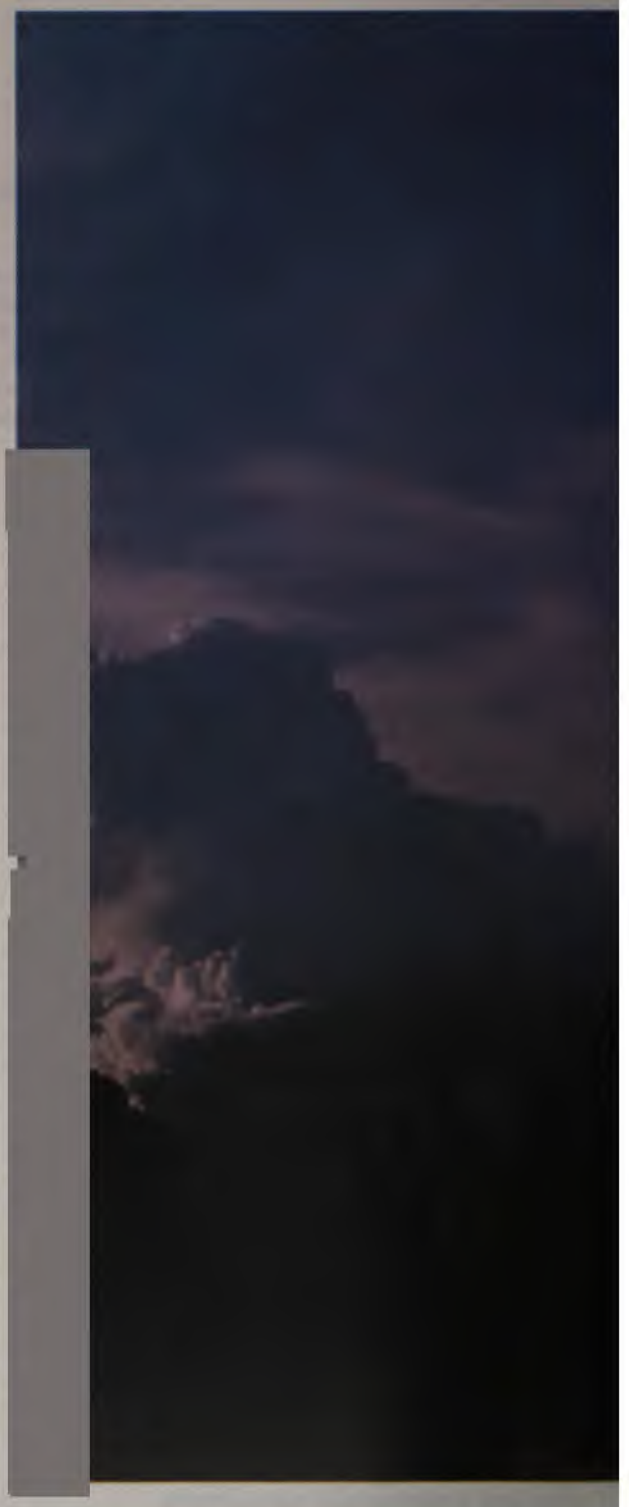
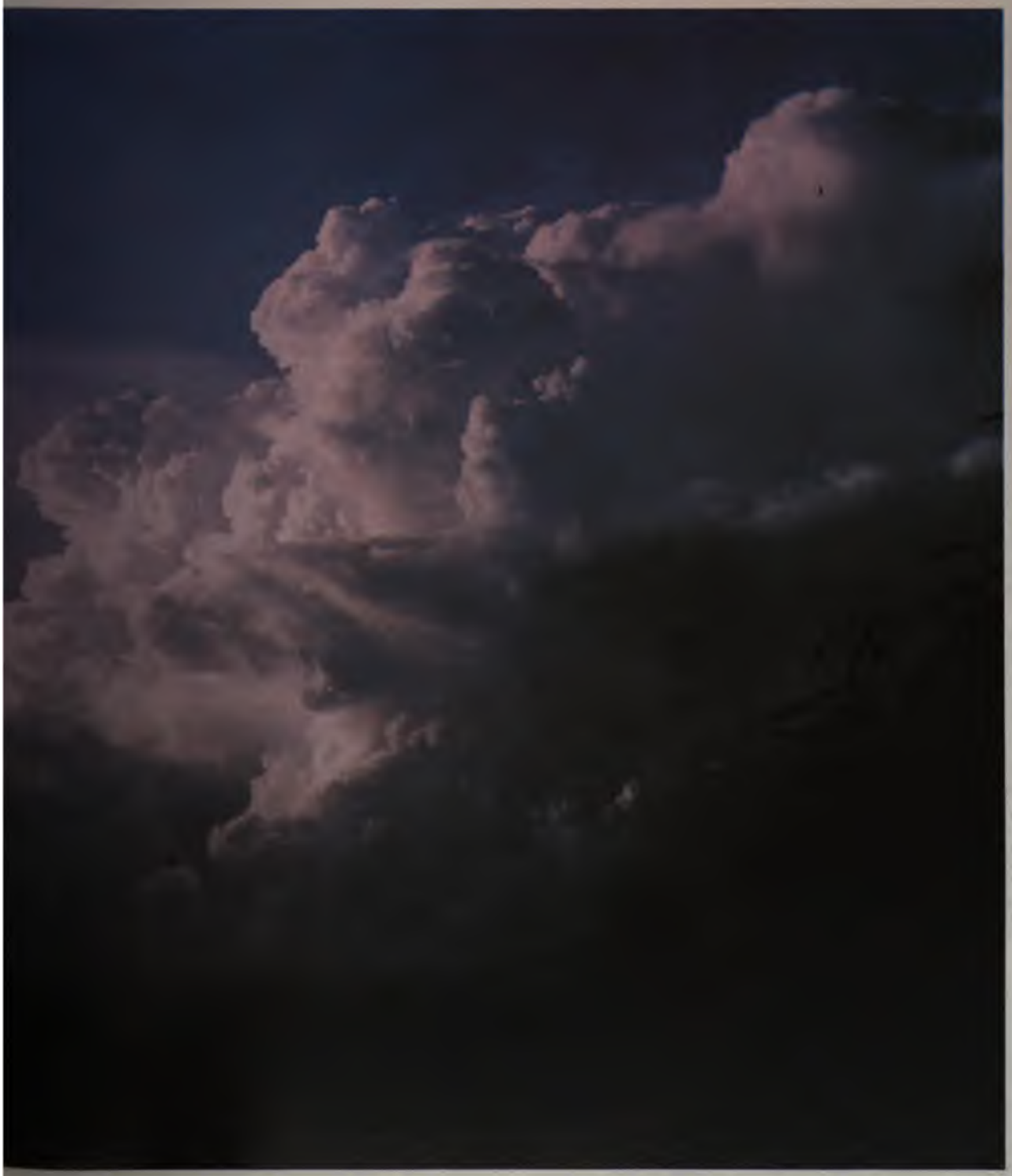


Рис. 1. Типичное кучевое облако. Молодые головки «цветной капусты» преимущественно состоят из водяных капелек, а старые образования с менее четкой формой — из ледяных кристаллов

Следующее поколение приборов было осно вано на измерении электрического сопротивле ния непрерывно движущейся бумажной ленты



меняющегося при ее смачивании облачной водой. Такая техника обеспечивала непрерывную регистрацию данных, но ее применимость ограничивалась только «теплыми» облаками: в переохлажденных капли замерзали при столкновении с лентой и не смачивали ее.

Предшественники современной аппаратуры для измерения водности уже включали тонкую нагреваемую проволоку. Температура проволоки измерялась, и по степени ее охлаждения под воздействием облачных капель осуществлялось прямое определение водности.

Расскажем об одном из длинного ряда подобных приборов, разработанном в *CSIRO* (рис. 3).

Принцип его действия основан на эффектах испарения. В обмотанном проволокой цилиндре диаметром примерно 2 мм поддерживается фиксированная температура (около 160° С); облачные капли, сталкивающиеся с ним, испаряются за 20—50 мс. Мощность, необходимая для поддержания в проволоке рабочей температуры, характеризует величину водности, если соблюдены два условия: количество тепла, отводящееся через концы проволочной спирали, пренебрежнмо мало и может не приниматься во внимание (1); мощность, необходимая для поддержания в проволоке рабочей температуры при полете в ясном небе (т. е. потери тепла при обтекании чувствительного элемента сухим воздухом), может быть рассчитана (2). Чтобы выполнить первое условие, добавляют вспомогательные витки по обе стороны от центрального чувствительного элемеита, тем самым как бы имитируется значительно более длинный цилиндр, у которого функциональна только центральная часть. Для решения второй проблемы привлекаются широко известные данные о потере тепла цилиндрами при их обтекании потоками — информацию такого рода инженеры используют уже многие десятилетия.

В результате получается малоинерционный датчик, который не нуждается в специальной калибровке. Для измерения водности нужно лишь знать рассеиваемую мощиость, размеры цилиндра и скорость самолета.

Пример записи информации, полученной с помощью подобного прибора при пересечении трех кучевых облаков, показан на рис. 4. Отчетливо видна одна из характерных особенностей этих, казалось бы, сплошных облаков: в них есть и «пустоты», и участки с низкой водностью, где проникший сверху сухой воздух вызвал испарение части облачной воды. Данные о таких пустотах очень важны при определении потенциальной возможности облака порождать дождь.

Комичность ситуации заключается в том, что в областн научных измерений, где еще 10 лет назад результат, полученный с точностью до множителя 2, считался неплохим, прибор, ненамного более сложный, чем обычный тостер, позволяет легко определять столь важный параметр с точностью не хуже 10% в температурном интервале от −30° С до +30° С при скоростях полета от 20 до 150 м·с$^{-1}$. И уж совсем курьезом выглядит то, что первоначально предполагалось создать прибор оперативного назначения, а его разработка в Австралии началась только потому, что *CSIRO* собиралась установить аппаратуру для измерения водности на своих самолетах и использовать ее при осуществлении проектов по засеву облаков. Идея состояла в том, чтобы с помощью простого устройства, подобного описанному выше, специалисты-«сеятели» могли находить наиболее пригодные для активного воздействия районы. Однако как раз этот прибор и позволил сделать вывод, что участки облачности, пригодные для засева, встречаются очень редко, и в конце концов было принято решение прекратить активные воздействия на облака.

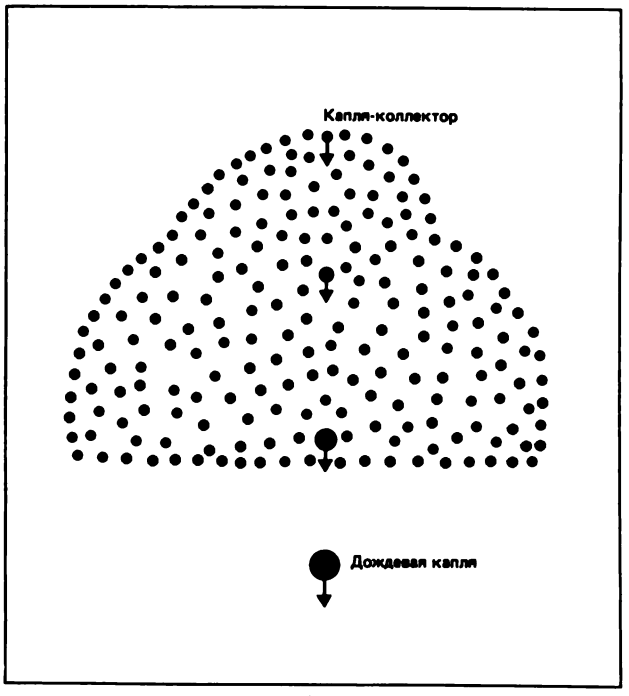


Рис. 2. Образование дождевой капли в облаке. Если принять, что облачные капельки имеют диаметр 20 мкм, а капля дождя — 2 мм (т. е. в 100 раз больше), то растущей капле (капле-коллектору), чтобы стать дождевой, придется испытать 1 млн. столкновений. Величина дождевой капли зависит от толщины облака и количества воды, содержащегося в единице его объема (водности)

Ледность

Ледяным кристаллам принадлежит важная роль в инициировании осадков в умеренных широтах, а благодаря своему присутствию в перистых облаках — и в радиационном балансе планеты. По аналогии с водностью ледность облака — это общая масса ледяных частиц, содержащихся в единице его объема.

В отличие от жидкой составляющей облачной воды, существующей в легко распознаваемой и поддающейся измерению шарообразной форме, для ледяных частиц по самой их природе характерно разнообразие структур и очертаний. Рассчитать ледность с приемлемой точностью по измеренным размерам кристаллов нельзя, поскольку их форма и плотность могут сильно меняться от одной частицы к другой. В то время как введение простой концепции водности и многочисленные наблюдения на ее основе способствовали значительному продвижению в понима-

нии основных облачных процессов, наши знания о процессах осадкообразования в условиях существования ледяной фазы остаются гораздо более скудными из-за трудностей, на которые наталкиваются измерения ледности облаков.

Последние годы в *CSIRO* разрабатывается простое термическое устройство для определения этого параметра (см. рис. 3). Датчик ледности подобен уже описанному прибору для измерения водности, но с тремя важными отличиями. Во-первых, он значительно шире; концентрация ледяных частиц обычно в 1000 раз меньше, чем облачных капель, и получить представительные пробы можно, лишь увеличив площадь захвата. Во-вторых, его форма несколько необычна: это открытый полуцилиндр. Предполагается, что такая конструкция позволит удержать осколки кристаллов после их дробления при столкновении. В-третьих, он работает при температуре 25° С и рассчитан на таяние частиц, а не на их испарение. Принцип действия, однако, в общих чертах остается прежним: контроль мощности, нужной для поддержания в датчике рабочей температуры. Затрачиваемая мощность характеризует теплоту, необходимую для плавления захваченного льда, и может быть соотнесена с ледностью, размерами кристаллов и т. д.

Устройство сейчас находится в начальной стадии разработки, однако полученные при самолетных исследованиях систем обложных осадков данные обнадеживают. Их сравнение с показаниями приборов, определяющих размеры кристаллов, говорит о том, что плотность льда в частицах составляет 0,1—0,2 г·см$^{-3}$, что согласуется с лабораторными измерениями (эта плотность значительно ниже плотности сплошного льда и сильно зависит от способа расчетов, который может, например, не учитывать сложность формы частиц, присутствие в них включений воздуха и пр.). Данные, полученные недавно для мощных слоистых облаков, весьма однородны (рис. 5). Думается, что со временем у нас будет простой способ изучать кристаллические облака, который позволит легко объяснять и моделировать их свойства.

Поток вокруг самолета

До сих пор я говорил об измерениях водности или ледности с самолета, как будто бы полагая, что его присутствие никак не отражается на результатах. Как легко понять из рис. 6, на котором показаны траектории набегающих стомикрометровых капель, движущихся вблизи фюзеляжа среднего по размерам исследовательского самолета, наше допущение не соответствует реальности.

Если пробы в облаке берутся датчиками, расположенными около точки *A*, то капли данного размера вообще не будут обнаружены, одновременно в точке *B* их концентрация окажется завышенной. Усложнение измерений порождается инерциальными свойствами капель. Теневая, или обедненная, зона *A* заполняется только каплями, которые столкнулись с передней частью фюзеляжа или пилотской кабиной, поскольку они уже не могут следовать вместе с воздухом и обойти резкие изгибы поверхности самолета. Завышенная концентрация в точке *B* возникает из-за того, что капли, обтекающие фюзеляж, испытывают дополнительное, направленное во внешнюю сторону воздействие, что способствует их сближению с соседними каплями.

Эти эффекты были замечены и поняты в общих чертах сразу же после возникновения авиации. Уже тогда обратили внимание на то, что на любой растяжке или подпорке, расположенной вне фюзеляжа, лед нарастает так, как показано на рис. 7. Главная трудность здесь — количественное описание явления: ведь учитывать надо самые разные факторы — тип самолета, его скорость, размеры капель, расположение мест, где берутся пробы, и т. д.

Начинать подобные расчеты необходимо с определения параметров воздушного потока, обтекающего фюзеляж. Достичь этой цели можно, например, моделируя корпус самолета с помощью удобного математического приема, известного под названием «источники и стоки».

Линейный источник (цепь источников) можно построить, используя длинный шланг с множеством равномерно распределенных по его длине отверстий, через которые выталкивается жидкость. Аналогичный линейный сток можно получить с помощью такого же шланга, который соединен с насосом, всасывающим жидкость через соответствующие отверстия. Точечные источники и стоки сконструировать труднее. Точечный источник может быть сымитирован маленьким сферическим душем, разбрасывающим жидкость во всех направлениях, а точечный сток — опять-таки аналогичным устройством, подключенным к всасывающему насосу.

Как будет выглядеть картина течения вокруг одного точечного источника, помещенного в однородный воздушный поток? Линии тока для подобного случая показаны на рис. 8. Здесь воздушный поток в любой точке пространства легко рассчитывается и имеет то полезное свойство, что с его помощью можно моделировать течение вокруг тела. Обобщить этот метод, чтобы моделировать обтекание тел более сложной формы, очевидно, можно, использовав набор источников и стоков. Последовательность, в которой добавляются источники и стоки, имитирующие фюзеляж самолета, показана на рис. 9. Поскольку мощность и расположение искомых источников и стоков заранее неизвестны, процесс их подбора, по сути, сводится к умелому уга-

Рис. 3. Термические датчики для измерения содержания воды в жидкой (справа) и твердой (слева) фазе в облаках (получившие название «горячая проволока»). Рабочей является лишь центральная часть каждого датчика, а края нагреваются таким образом, чтобы теплоотвод от центрального чувствительного элемента был минимальным. Цилиндр малого диаметра первого датчика, обмотанный проволокой, испаряет только капельки, которые ударяются о его поверхность. Теплота, затрачиваемая на испарение, служит мерой водности. Прибор может быть размещен как перед фюзеляжем, так и в стороне от него, что дает возможность непосредственно определять искажения, вносимые в измерения самолетом. Более широкий открытый полуцилиндр второго датчика с подобным же принципом действия предназначен для сбора и расплавления ледяных кристаллов

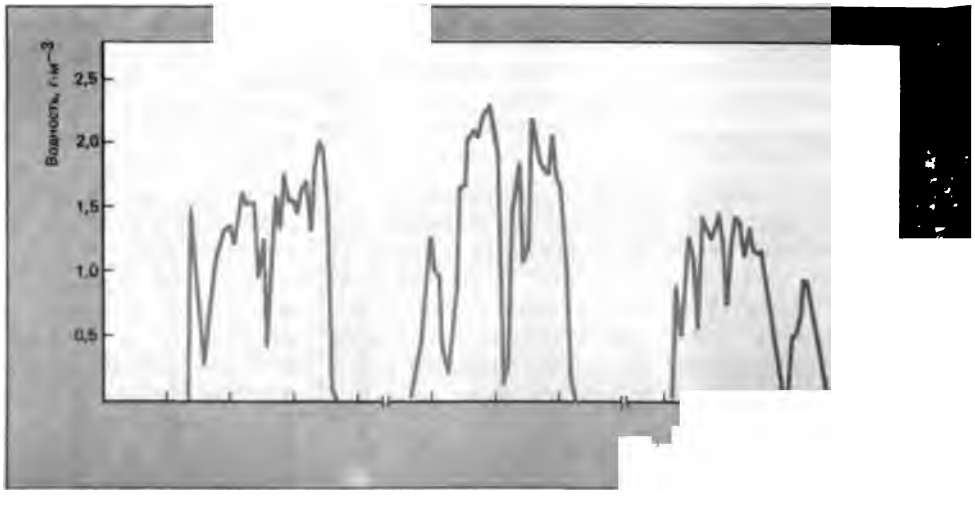


Рис. 4. Водность трех «сплошных» облаков, измеренная с самолета при пролете через них. «Провалы» внутри облаков появляются там, куда поступает сухой надоблачный воздух. Метки времени даны через 5 с

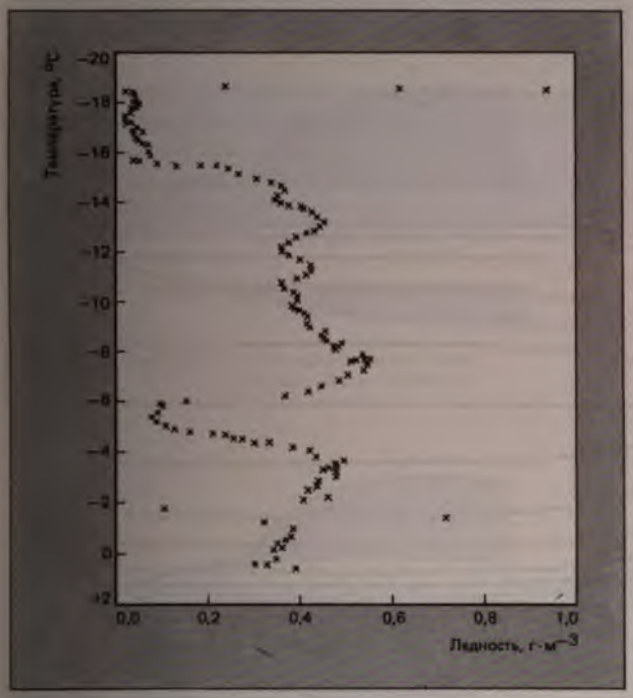


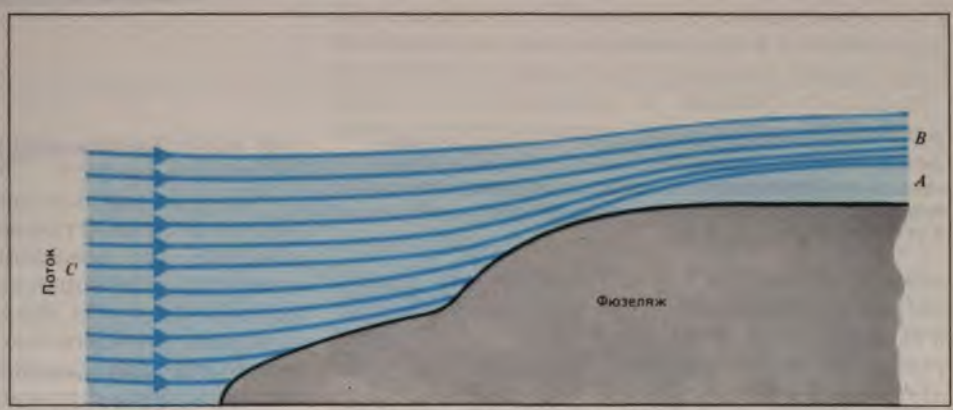
Рис. 5. Содержание воды, находящейся в твердой фазе (ледность), в двух облачных слоях, которые пересек самолет при подъеме. Остающаяся почти постоянной ледность (порядка 0,4 г•м$^{-3}$) резко контрастирует с концентрацией кристаллов (их числом в единице объема), которая меняется почти в 30 раз на интервале температур от —6° С до —14° С

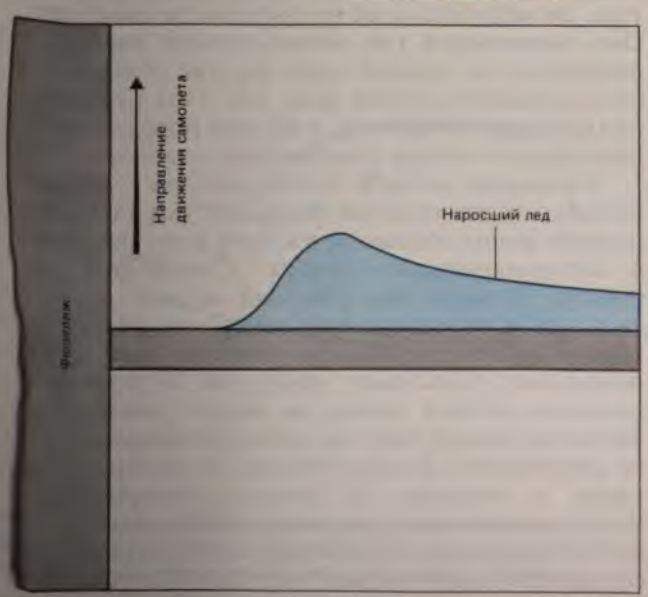
дыванию с учетом некоторых математических ограничений. С помощью современных средств машинной графики описать обтекание тела нужной формы с требуемой точностью обычно можно меньше, чем за 20 «угадываний».

Как только найдено распределение источников и стоков, скорость воздушного потока в любой точке может быть рассчитана путем простого суммирования вкладов каждого из них, конечно, с учетом того, что вклад уменьшается пропорционально квадрату расстояния до соответствующего источника или стока. Сравнение вычисленных таким способом скоростей с измеренными для самолета *F*-27, принадлежащего *CSIRO*, приведено на рис. 10.

Источниками и стоками удобно моделировать потоки вокруг фюзеляжей, точно ориентированных вдоль его направления. Однако, как пре-

Рис. 6. Траектории стомикрометровых водяных капель, движущихся вблизи передней части фюзеляжа летящего самолета. В районе точки *A* (теневая зона) вообще нельзя уловить ни одной капли такого размера, в то время как около точки *B* концентрация капель гораздо выше, чем в невозмущенном потоке (область *C*)





красно знают авиапассажиры, угол наклона (атаки) фюзеляжа относительно направления движения может меняться в зависимости от условий полета. Так, при взлете и посадке угол атаки может быть значительным. При исследовании облака с сильными восходящими потоками угол между осью фюзеляжа и суммарной скоростью воздуха относительно самолета (т. е. векторной суммой скорости восходящего потока и скорости самолета с обратным знаком) может доходить до 10°, хотя угол наклона фюзеляжа к горизонтали останется нулевым.

Другими словами, мы должны уметь моделировать потоки, набегающие на фюзеляж под малыми углами атаки. Для этого можно, например, добавить стоки вдоль верхнего края фюзе-

Рис. 7. Форма ледяного нароста, который образуется на предмете, выступающем над поверхностью фюзеляжа летящего самолета

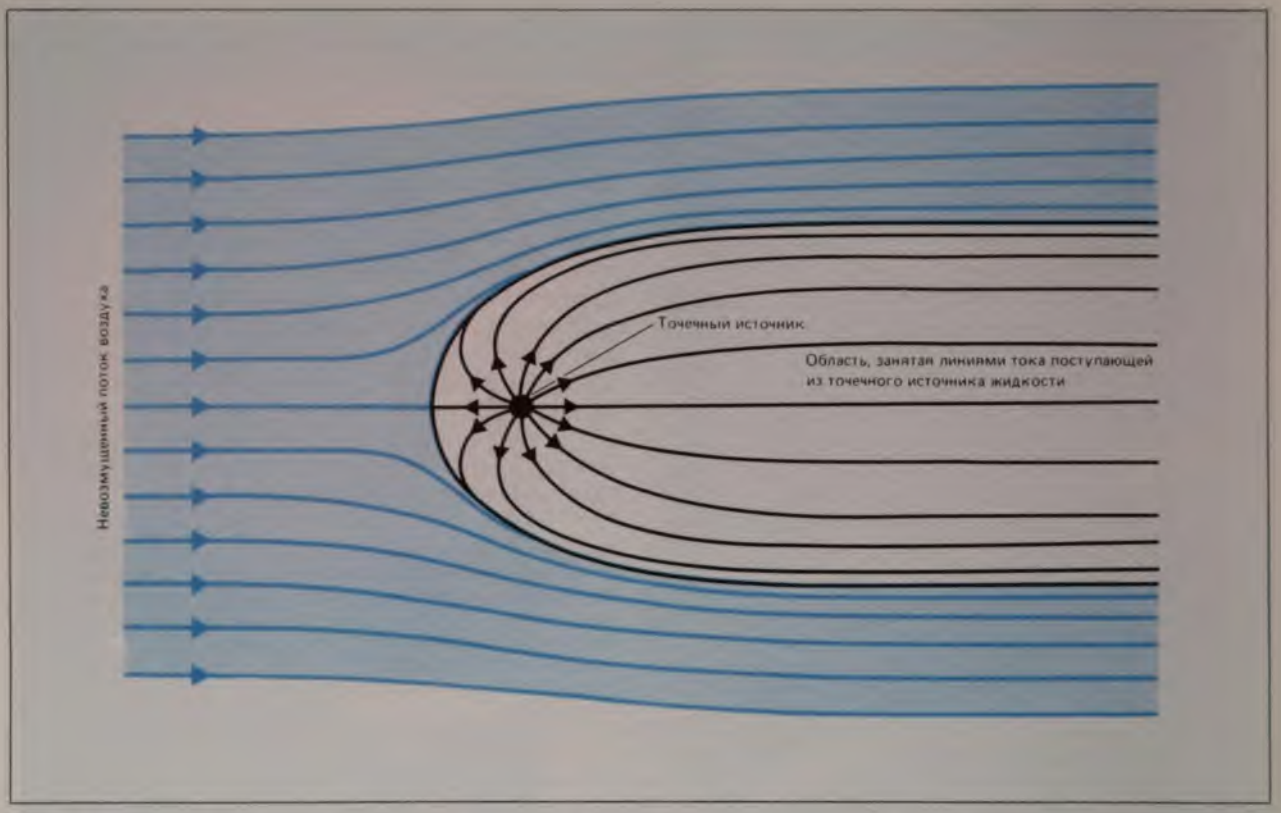


Рис. 8. Линии тока вокруг единичного точечного источника жидкости, помещенного в однородный воздушный поток. Данная комбинация может быть использована для моделирования потока, который обтекает тело, имеющее ту же, что и отмеченная область, форму

ляжа и источники вдоль нижнего, что равносильно втягиванию верхней поверхности внутрь и выталкиванию нижней наружу, т. е. действию, эквивалентному повороту самолета на угол атаки относительно потока.

Похожий, но более управляемый прием основан на использовании диполей, размещаемых около центральной оси фюзеляжа. Диполь — это комбинация источника и стока одинаковой мощности, расположенных близко друг от друга. Благодаря равенству мощностей своих компонентов диполи не меняют внешних размеров моделируемого тела, но отклоняют его контур: рис. 11 показывает, как выглядит система диполей различной мощности, способная изменить угол атаки от 0° до 5°.

Помимо прочего, такая процедура моделирования напоминает развлечение, и специалист по физике облаков воспринимает ее как своего рода видеоигру. Исследователь, сидя за графическим терминалом компьютера, старается угадать нужное расположение источников, стоков и диполей, сравнивает полученную форму тела с требуемой и затем переходит к следующему приближению. Когда «конструирование» закончено, он становится обладателем мощного инструмента для исследования воздушного потока, обтекающего его самолет.

Одна из важных задач, которую приходится решать специалистам по физике облаков, — как измерить три компоненты скорости воздуха с самолета, перемещающегося в воздушном потоке. Обычный путь здесь — определить скорость самолета относительно Земли (используя инерциальную навигационную систему) и относительно воздуха с помощью флюгерного устройства, размещенного на носовой части самолета. Оно выдвигается как можно дальше вперед и находится, по крайней мере мы так считаем, в невозмущенном потоке (рис. 12). Угол отклонения флюгера измеряется, и по нему определяется направление потока относительно самолета.

Удлинение носовой части самолета — чрезвычайно дорогостоящая операция. Для подбора нужной длины обычно прибегают к испытаниям в аэродинамических трубах. Специалист по физике облаков, построивший модель своего самолета и использующий описанную технологию, оказывается в существенно более выгодном положении, поскольку, определяя подходящие размеры носовой части, он может рассчитать эффекты воздействия самолета на измерения до ее сооружения. Таким образом, он заранее, не гадая, а опираясь на точную информацию, может сопоставить стоимость избыточной точности измерений с затратами на изготовление соответствующей носовой части самолета.

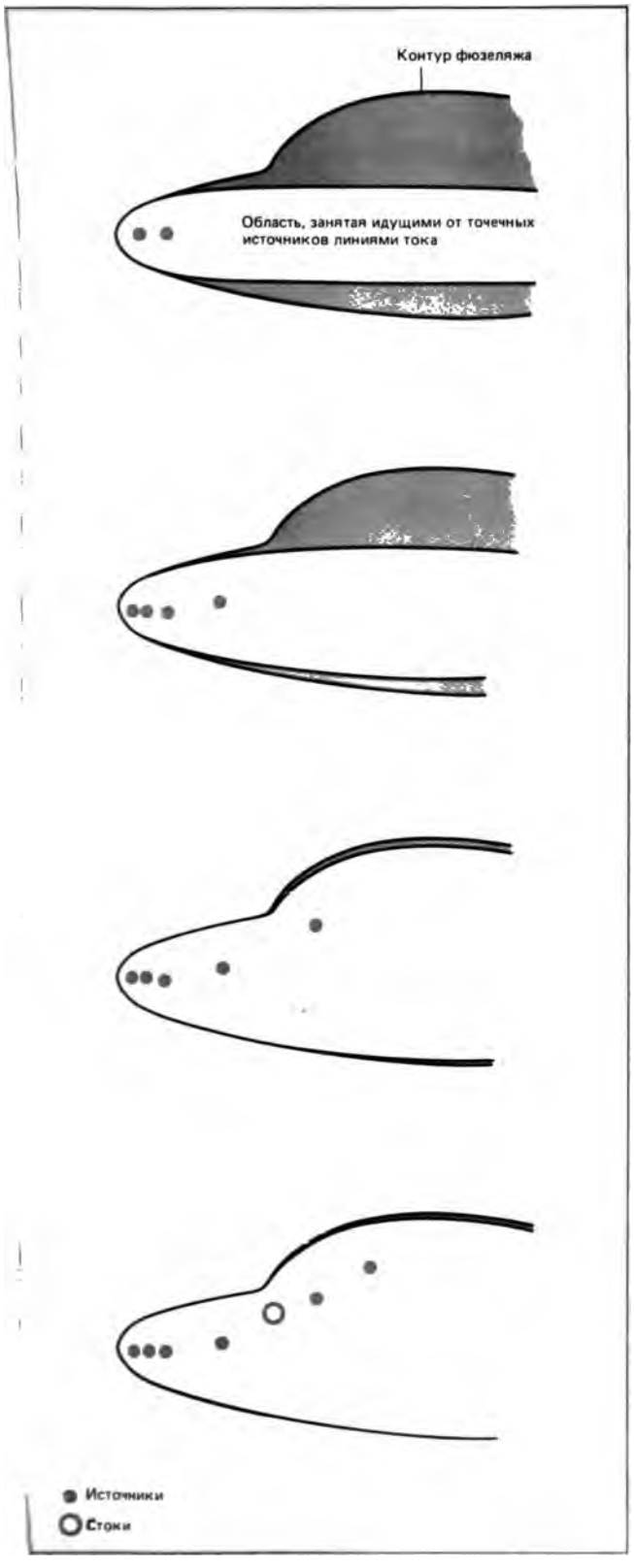


Рис. 9. Последовательные шаги (сверху вниз) при моделировании передней части фюзеляжа самолета, обтекаемого потоком, с помощью точечных источников и стоков

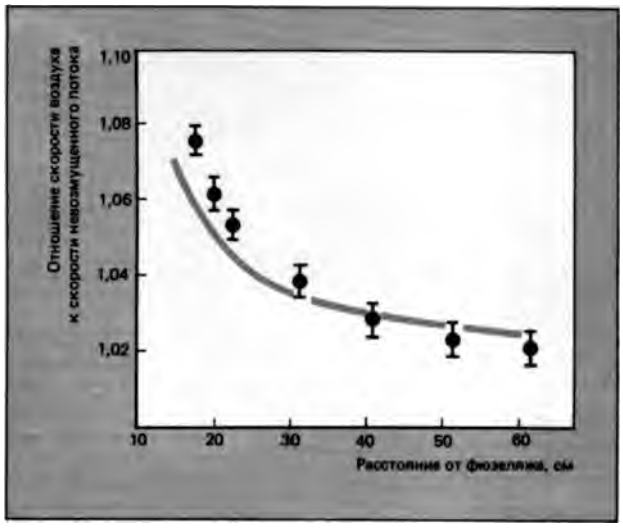


Рис. 10. Сравнение измеренных (точки) скоростей воздуха в потоке, обтекающем самолет *F-27*, с рассчитанными (линия) в *CSIRO* по модели «источники и стоки»

Турбулентность

Количественное изучение перемешивания, теплообмена, потоков водяного пара в условиях турбулентности* важно для понимания многих процессов, протекающих в нижней атмосфере, таких, как образование или рассеивание тумана и морских облаков, испарение с поверхности водоемов, распространение загрязнений от факелов тепловых станций и т. д. Целый ряд наблюдений можно выполнить с оснащенных аппаратурой башен, однако самолет, позволяющий получать информацию по всему объему окружающего его пограничного слоя, способен охватить исследованиями большие пространства.

Как я уже говорил, чтобы в среднем ошибки, вносимые самолетом, были на приемлемо низком уровне, чувствительное флюгерное устройство, измеряющее три компоненты флуктуаций скорости (вдоль оси самолета, бокового направления и вертикали), должно быть установлено на носовой штанге, выдвинутой достаточно далеко вперед. Ученые из Национального центра атмосферных исследований в Боулдере (шт. Колорадо, США) показали, что, изучая турбулентные эффекты, мы сталкиваемся с очень тонкими ошибками, которые могут оказаться весьма значительнымн даже тогда, когда средние ошибки достаточно малы.

Чтобы понять, о чем идет речь, допустим, что скорость воздуха определяется под нижней кромкой фюзеляжа. Надо сказать, что это очень

* Для турбулентного течения характерно интенсивное перемешивание струй, при котором частицы совершают неупорядоченные, хаотические движения по сложным траекториям, а скорость и другие параметры испытывают хаотические флуктуации. — *Ред.*

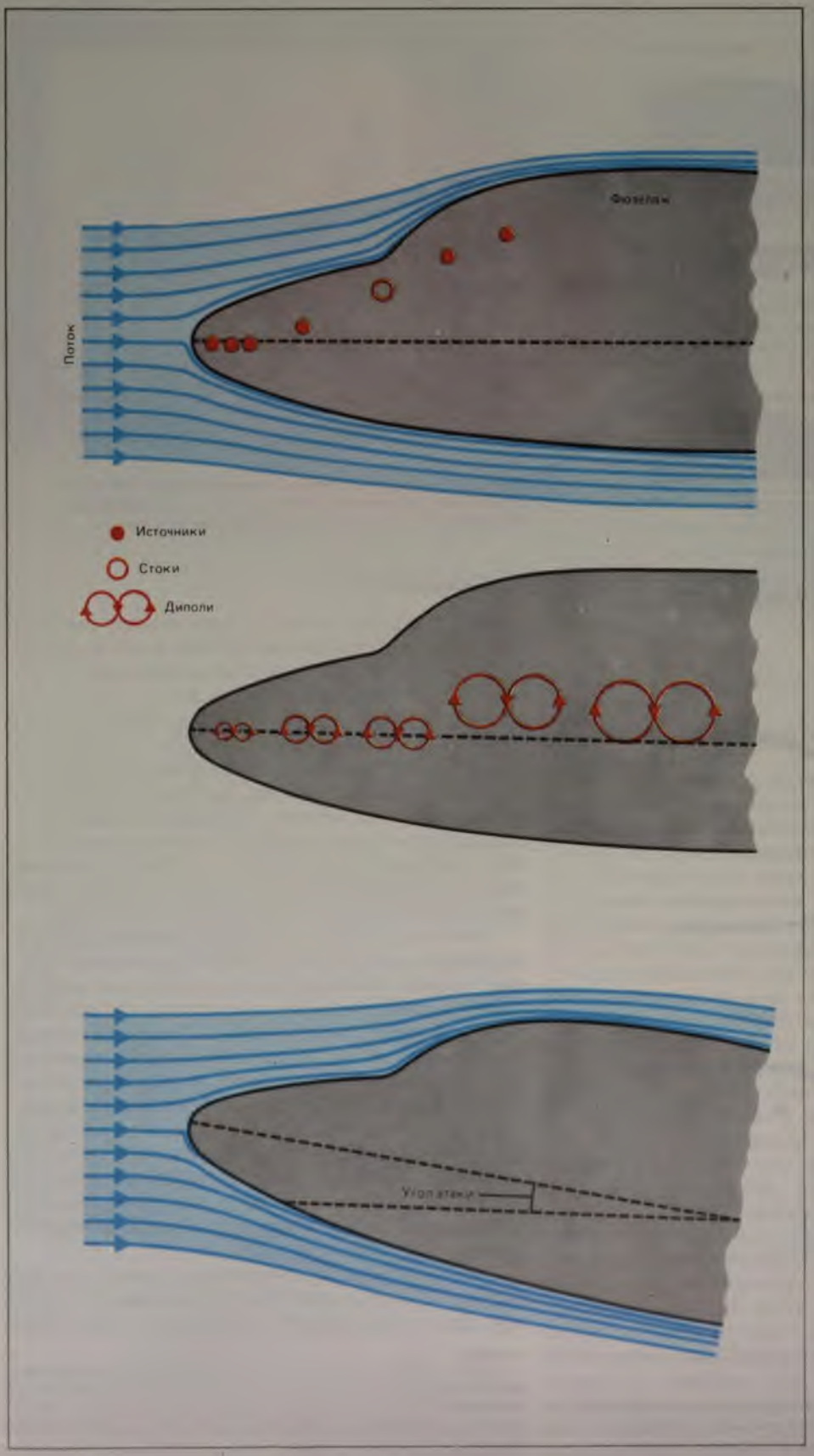


Рис. 11. Добавление к источникам и стокам (вверху, подробнее см. рис. 9) диполей, показанных на рисунке в середине, позволяет моделировать поворот фюзеляжа относительно потока на некоторый угол атаки (внизу)

Рис. 12. Исследовательский самолет *F-27*, принадлежащий *CSIRO*. Обратите внимание на величину носовой штанги, не намного меньшей по длине всего самолета

неподходящее место для подобных измерений, однако большие ошибки, возникающие в данном случае, помогут нам уяснить проблему. Сделаем еще одно предположение. Пусть крупномасштабные флуктуации скорости воздуха распространяются навстречу самолету, причем так, что перед ним имеются только вертикальные флуктуации. Когда подобные возмущения доходят до нижней поверхности фюзеляжа, его присутствие преобразует вертикальные движения в движения вдоль обшивки, содержащие горизонтальные составляющие. В результате при измерениях под фюзеляжем мы получим некоторые конечные значения тех параметров, которые имеют нулевое значение в невозмущенной среде впереди самолета. Таким образом, его присутствие как бы перекачивает часть турбулентных движений из одних направлений в другие. Это явление подобно наводке в усилителях стереосистем.

Поскольку большинство измерений проводится в значительно более подходящих для расположения датчиков местах, значение коэффициента наводки обычно составляет примерно 0,05. Это означает, что флуктуации вертикальной скорости в 1 $м \cdot с^{-1}$ индуцируют ложные горизонтальные флуктуации в 5 $см \cdot с^{-1}$. Учитывая, что самолет движется со скоростью порядка 100 $м \cdot с^{-1}$, такую ошибку можно считать чрезвычайно малой, и, конечно, она непосредственно неидентифицируема. Однако в пограничном слое для отдельных вариантов наводки относительный эффект может возрасти в 10 раз и увеличить ошибки до 50% или более, если не учитывать влияние самолета. Как и в предыдущих случаях, помогает расчет характеристик потока вокруг самолета, позволяющий ввести необходимые поправки и, вообще говоря, восстановить истинное значение параметров с ошибкой примерно в 5%.

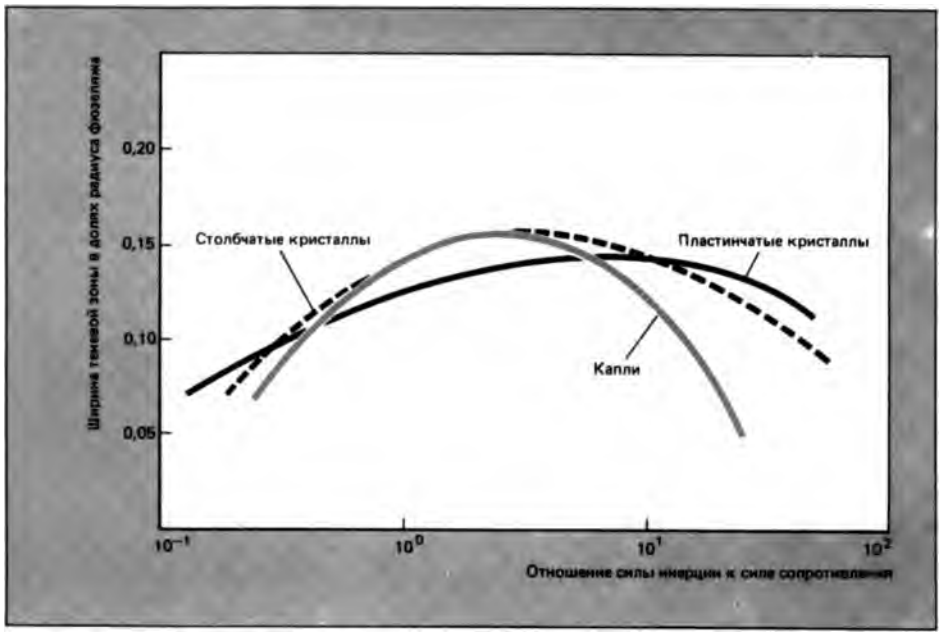


Рис. 13. Зависимость ширины теневой, обедненной частицами зоны около фюзеляжа (см. рис. 6) от параметра, равного отношению их силы инерции к силе сопротивления

Движение частиц

Расчет траектории частиц — первый шаг при определении влияния самолета на измерения концентрации частиц, водности и т. д. Чтобы рассчитать траектории, нужно знать как скорость воздуха, так и скорость частиц в любой точке на пути их следования. Разность этих скоростей и форма частиц определяют силу сопротивления, а она, в свою очередь, — их ускорение. Для решения задачи требуется проинтегрировать уравнения движения частиц по времени, взяв за точку отсчета место их расположения в невозмущенном потоке перед самолетом. Результат подобных расчетов траекторий уже приводился на рис. 6.

При проведении таких работ в *CSIRO* выявилось одно интересное обстоятельство. Выяснилось, что важнейшие особенности траекторий часто удается описать с помощью относительных единиц длины (за ее единицу принимается радиус фюзеляжа) и единственного безразмерного параметра, равного отношению силы инерции частицы к силе сопротивления. Я уже упоминал обедненную частицами (теневую) зону около самолета, в которой почти нет частиц данного размера. Очень важно, например, уметь определять, как зависит ее ширина от различных параметров. Наш подход позволил получить обобщенные кривые (рис. 13), по которым можно судить о том, как на эту ширину влияют размеры и форма частиц, размеры и скорость самолета и т. д. Выявленные зависимости находят применение при расчетах, связанных и с забором проб ледяных кристаллов и водяных капель, и с полетами на скоростных реактивных и медленных тяжелых транспортных самолетах. При этом у исследователей всегда есть возможность разместить заборники проб так, чтобы можно было уверенно предсказать предельные величины вероятных ошибок.

Поведение ледяных кристаллов около крыла

В одном из современных приборов для исследования ледяных кристаллов в облаках используется лазер: при пересечении лазерного луча кристаллом формируется его теневое изображение. Такая тень, или проекция, попадая на диодную решетку, экранирует ее часть и регистрируется, что позволяет автоматизировать процесс обработки наблюдений. Пример полученных подобным способом данных — изображения звездчатых дендритных (ветвящихся) кристаллов — приведен на рис. 14.

Обычно почти у всех кристаллов, летящих (падающих) через облако, большая ось остается горизонтальной. Столбчатые льдинки, похожие на длинные иглоподобные цилиндрики и образующиеся при температуре около —5°С, не представляют исключения из правил и падают так, что ось цилиндра сохраняет случайную ориентацию в горизонтальной плоскости. Однако в упомянутом Национальном центре атмосферных исследований обнаружили, что если столбики регистрировать строящим изображение лазерным прибором, размещенным на краю крыла, то все проекции оказываются не случайно ориентированными в горизонтальной плоскости, а вытянутыми в определенном направлении, которое к тому же очень чувствительно к расстоянию от датчика до края крыла (см. рис. 15).

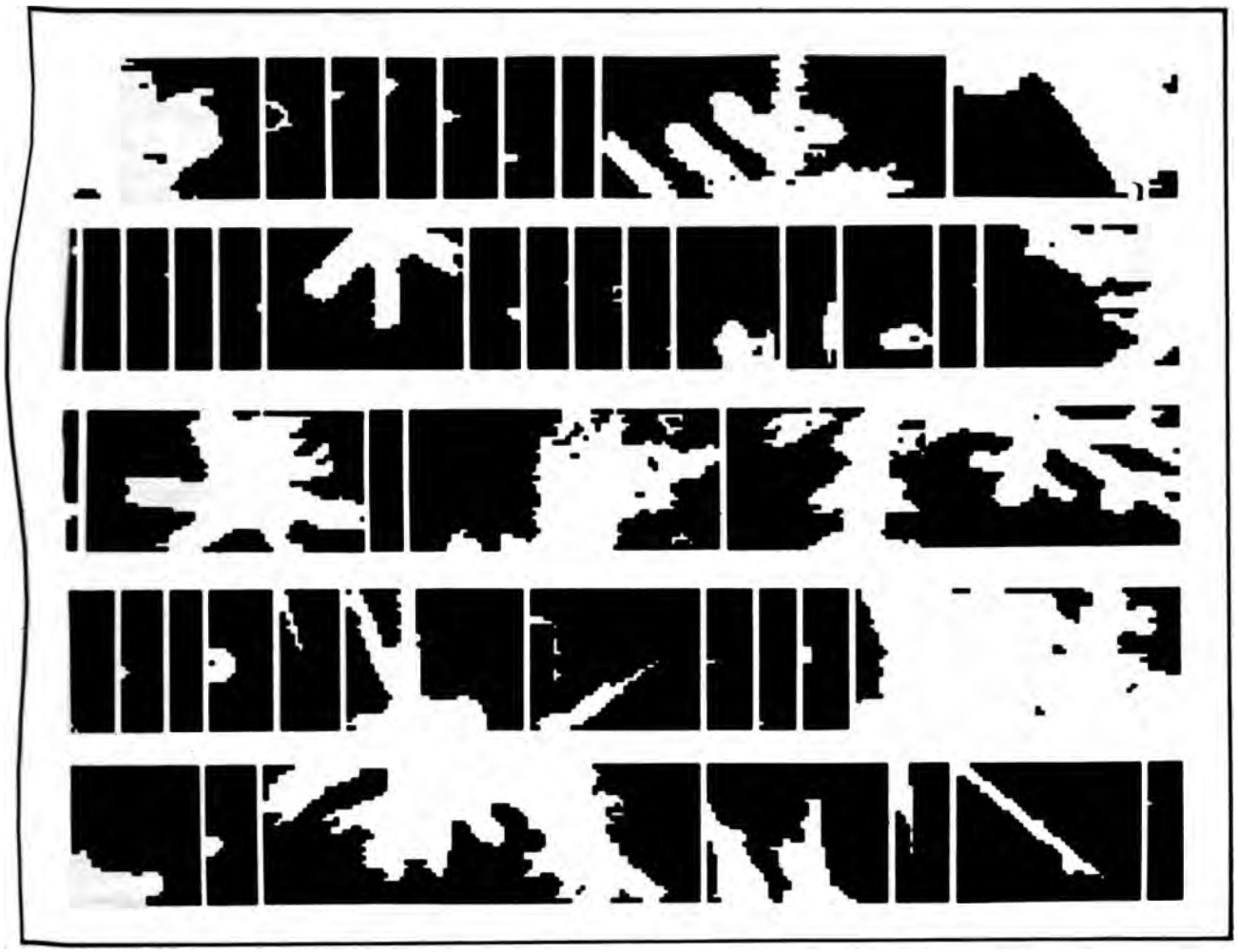


Рис. 14. Изображения звездчатых дендритных ледяных кристаллов, полученные с помощью теневого лазерного датчика

Работы, выполненные в *CSIRO*, показали, что подобная ориентация — следствие вихревых движений, происходящих у кромки любого самолетного крыла. Та же разность давлений на нижней и верхней поверхностях крыла, которая вызывает подъемную силу, заставляет воздух закручиваться вокруг края крыла и порождает вихри, которые, в свою очередь, отклоняют воздушные потоки в этой зоне. Эффект вынуждает ледяные кристаллы ориентироваться вдоль направления, перпендикулярного вектору (силе) сопротивления (аналогичным образом бревно, дрейфуя, ориентируется поперек потока), и в результате у них получается один и тот же угол ориентации, о чем и свидетельствует рис. 15. Значения угла, рассчитанные в предположении, что вихри у кромки крыла — единственная причина преимущественной ориентации, согласуются с измеренными с точностью до 2%, хотя электрические и другие (видимо, менее существенные) эффекты не учитывались при объяснении явления.

Расчеты показывают, что движение воздуха около крыла вызывает еще и поворот кристалла вокруг горизонтальной оси. Как следствие размеры на теневом изображении перестают соответствовать истинным размерам кристаллов, и снова для учета ложных эффектов, связанных с присутствием самолета, нужна корректировка полученных данных.

Заключительные замечания

Все сказанное выше подтверждает, что за последние годы мы достигли заметного прогресса в измерении некоторых облачных параметров, несмотря на помехи, порождаемые летящим самолетом. Обсуждая проблему искажений, вносимых в поток, я молчаливо допускал, что самолет вызывает лишь временные изменения в структуре облаков и после его пролета их состояние вновь становится прежним. И этому предположению, действительно, отводится немалая

Рис. 15. Столбчатые ледяные кристаллы: вверху — непосредственная проба вблизи фюзеляжа; внизу — лазерные изображения, полученные с помощью теневого датчика около конца крыла

роль во всей области исследований, называемой «физика облаков», поскольку довольно часто возникает необходимость повторить пролет через то или иное облако, чтобы получить информацию о развитии различных процессов во времени.

Однако любой опытный специалист по физике облаков сталкивался с прямыми доказательствами того, что повторные проходы через небольшие кучевые облака вызывают их полное рассеивание. Недавние работы ученых Вашингтонского университета показывают, что присут-

ствие исследовательских самолетов может привести к образованию ледяных кристаллов в облаках и, следовательно, к длительным изменениям физических свойств последних. Данная научная область еще находится в младенческом возрасте, и не исключено, что ограничения подобного рода заставят следующее поколение исследователей реже прибегать к прямому забору проб при изучении свойств облака и больше полагаться на неконтактную дистанционную измерительную технику типа лидаров (лазерных локаторов) и радаров.

Приложение

О столкновении снежинок с лобовым стеклом автомобиля

Многие водители, вероятно, замечали, что во время дождя воды на лобовом стекле тем больше, чем выше скорость автомобиля. В снегопад же обратная картина: оконные дворники скорее нужны стоящей машине; когда же ее скорость растет, снежинки ударяются о стекло реже, и при скорости около 20 км/ч основная их часть вообще обтекает автомобиль, не попадая на стекло. И так продолжается примерно до скорости 100 км/ч (эти цифры в какой-то мере зависят от размера снежинок).

Столь любопытная ситуация, имеющая, очевидно, много общего с отбором проб с самолета, складывается вследствие «конкуренции» трех различных сил, действующих на снежинки: инерции, тяжести и вязкого сопротивления движению. Силы инерции и тяжести заставляют снежинки двигаться соответственно вперед (навстречу машине) и вниз, в то время как сила сопротивления вынуждает их перемещаться внутри воздушного потока и вместе с ним обтекать автомобиль. Если снежинка имеет диаметр d, массу m (масса снежинки диаметром 2 мм примерно равна $2 \cdot 10^{-7}$ кг) и площадь сечения A, а воздух — вязкость η и скорость V относительно машины, характерный размер которой S, то сила инерции будет порядка mV^2 / S, сила сопротивления — $12\,A\eta V / d$ и сила тяжести — mg.

Первое необходимое условие обтекания автомобиля снежинками выглядит так: сила сопротивления больше силы тяжести. Отсюда следует, что скорость машины должна быть выше $mgd / 12A\eta$. Если взять численные значения этих параметров, то мы получим, что лобовое стекло будет свободно от снежинок тогда, когда наше транспортное средство движется со скоростью больше 20 км / ч, и результат, действительно, подтверждается наблюдениями.

По мере увеличения скорости сила инерции, пропорциональная ее квадрату, растет быстрее силы сопротивления и все больше превосходит эту последнюю. Существует некоторая предельная скорость, при которой снежинки еще не достигают лобового стекла. Опыт работы с самолетами говорит о том, что столкновения не происходят до тех пор, пока сила инерции не превзойдет примерно в 6 раз силу сопротивления. Для наших снежинок это необходимое условие означает, что скорость должна быть меньше $72A\eta S/dm$. Количественно это дает около 90 км/ч, что опять-таки находится в хорошем согласии с наблюдениями.

Подобные прикидки можно сделать и для дождевых капель. Они значительно компактнее снежинок, и поэтому на них воздействует гораздо меньшая сила сопротивления, которая начинает превышать силу тяжести только при скорости около 100 км/ч. Но при таких больших скоростях сила инерции уже подавляет силу сопротивления. Вот и получается, что дождь попадает на лобовое стекло при любых скоростях движения автомобиля.

СТО ЛЕТ НАЗАД

Русский климатолог и географ, основоположник климатологии в России А. И. Воейков (впоследствии член-корреспондент Петербургской Академии наук) впервые установил важное климатологическое значение снегового покрова.

Славомир ГЕЙНЫ (Hejný) (р. 1924) — чехословацкий ботаник, член Чехословацкой сельскохозяйственной академии, академик Чехословацкой АН, директор Ботанического института ЧСАН.
В 1948 окончил естественнонаучный факультет Карлова университета. В 1945—1950 работал ассистентом в Ботаническом институте Карлова университета. В 1950—1956 — в Институте сельскохозяйственного производства в Рузине. В 1956—1961 был научным сотрудником Геоботанической лаборатории ЧСАН в Пругоницах. С 1962 — директор Ботанического института ЧСАН.
Изучает водную и болотную растительность, а также много внимания уделяет синантропной растительности, стремясь комплексно оценить меру ее полезности и вредности. Одним из первых в мире он начал сравнительное фитоценологическое исследование крупных городов, рассматривая их застройку в связи с существованием растительных сообществ.
Гейны — председатель Чехословацкого ботанического общества, вице-президент Международной ассоциации исследователей водных растений, член Международного общества геоботаников. Он удостоен ряда правительственных наград, Государственной премии имени Клемента Готвальда, награжден Золотой медалью Грегора Менделя.

Карел КОПЕЦКИ (Kopecký) (р. 1933) — чехословацкий лесной инженер, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Ботанического института Чехословацкой АН. Окончил лесной факультет Чешского высшего технического училища в Праге. В 1957—1961 работал в Государственном институте районного планирования в Праге. С 1962 — сотрудник Ботанического института ЧСАН.
Исследовал естественную водную и придорожную растительность. С 1969 занимается антропогенной растительностью, внес существенный вклад в разработку дедуктивного метода синтаксономической классификации растительных сообществ и в исследования линейной миграции растений в культурном ландшафте. В последнее время изучает отношения между антропогенной растительностью и эпидемиологическим положением городов и промышленных комплексов.
Копецки — лауреат Государственной премии имени Клемента Готвальда, член Международного общества геоботаников и председатель секции синантропной ботаники Чехословацкого ботанического общества при ЧСАН.

Зденек КРОПАЧ (Kropáč) (р. 1927) — чехословацкий биолог, кандидат сельскохозяйственных и лесных наук, заместитель директора и заведующий отделом антропофитов Ботанического института Чехословацкой АН.
Окончил естественнонаучный факультет Карлова университета в Праге. В 1952—1962 работал в Исследовательском институте растениеводства в Праге-Рузине. С 1962 — в Ботаническом институте ЧСАН.
Специализировался в области общей агрономии и практической ботаники, исследовал биологию и экологию сложных сорняков и так называемых сегетальных сообществ. Внес значительный вклад в разработку теории агроэкофазы и оценки семенного банка в пашне. В последнее время изучает эволюцию сегетальной растительности и возможности регулирования численности сорняков с точки зрения охраны культурных растений.
Лауреат Государственной премии имени Клемента Готвальда.

С. ГЕЙНЫ, К. КОПЕЦКИ, З. КРОПАЧ

Антропогенная растительность — как оценить ее роль?

Сорняки и рудеральные (пустырные) растения занимают все больше места на земле. Нежелательные и, как принято считать, даже вредные, они нередко оказываются полезной и, более того, необходимой частью растительного сообщества. Прогнозировать развитие таких сообществ, их влияние, в частности на плодородие почвы, помогает новый комплексный подход, предложенный чехословацкими учеными

Естественная растительность, длительное время формировавшаяся под влиянием природных условий, сейчас в значительной степени вытеснена антропогенными (синантропными) сообществами, возникновение которых связано с деятельностью человека. За всю историю Чехословакии значительная часть ее территории была лишена лесов и превращена в поля и луга. Видовой состав деревьев в оставшихся лесных массивах был постепенно подчинен хозяйственным нуждам, и антропогенная растительность стала преобладающим элементом ландшафта. Синантропными, антропогенными организмами и их сообществами мы называем такие, которые приспособились к существованию на землях, либо непосредственно созданных человеком, либо таких, на формирование которых он оказал влияние.

Мы хотели бы привлечь внимание к той части сообществ, которую называют сорняковой и рудеральной* растительностью. Полевые сорняки и рудеральные растения сопровождали поселения человека с самого зарождения цивилизации. Сорняки возникали на почвах, предназначенных для культурных растений, а рудеральные сообщества — на участках, лишенных естественной растительности.

И те и другие до последнего времени рассматривались лишь как нежелательный элемент культурного ландшафта. Их старались ликвидировать всеми доступными средствами. Однако при этом забывали, что даже при образцовом использовании почвенного фонда для развития и распространения сорняков и рудеральных растений всегда остается достаточно пространства и подходящих условий. Более того, всесторонняя интенсификация хозяйственной деятельности часто создает самые благоприятные условия для их массового распространения.

Антропогенные растения заселяют свободные и заброшенные бывшие поля, выделенные для застройки, осыпи и почвы, опустошенные поверхностной добычей минералов, вырастают на отвалах грунта и свалках (рис. 1), вокруг крупных строительных площадок, покрывают неиспользуемые площади поблизости от сельскохозяйственных предприятий, распространяются вдоль шоссейных дорог и железнодорожных путей. Несмотря на многочисленные, нередко спорные с биологической и почвоохранной точек зрения меры по борьбе с сорняками, часть сельскохозяйственных угодий постоянно ими засорена. Сорняки, как правило, устойчивы или приобретают устойчивость к обычно применяемым гербицидам. Последние же научные данные указывают на то, что влияние сорняков на рост культурных растений не всегда отрицательно. В развитии агрофитоценозов и в охране почв даже сорняки играют определенную положительную биологическую и хозяйственную роль. То же самое относится и к рудеральным сообществам. Недавние исследования подтвердили, что с практической точки зрения эти сообщества могут быть как вредными, так и полезными.

Актуальность комплексного научного изучения рудеральных и сорняковых сообществ в мировом масштабе вышла на передний план только в последние десятилетия. Еще в первой половине нашего столетия эти важные элементы растительного мира находились на периферии интересов ботанических наук, первоочередное внимание уделялось естественной растительности.

Мы начали свою работу четверть века тому назад, когда изучение синантропной растительности рассматривалось, скорее, как курьез по сравнению с «нормальными» ботаническими исследованиями диких видов и естественных растительных сообществ. Мы своевременно организовали комплексные исследования, и это, по-видимому, помогло нам получить существенные результаты. Здесь мы расскажем, естественно, только о некоторых из них.

* **Рудеральные, или** пустырные, растения растут близ **жилья, у дорог, на свалках или** заброшенных землях. — *Ред.*

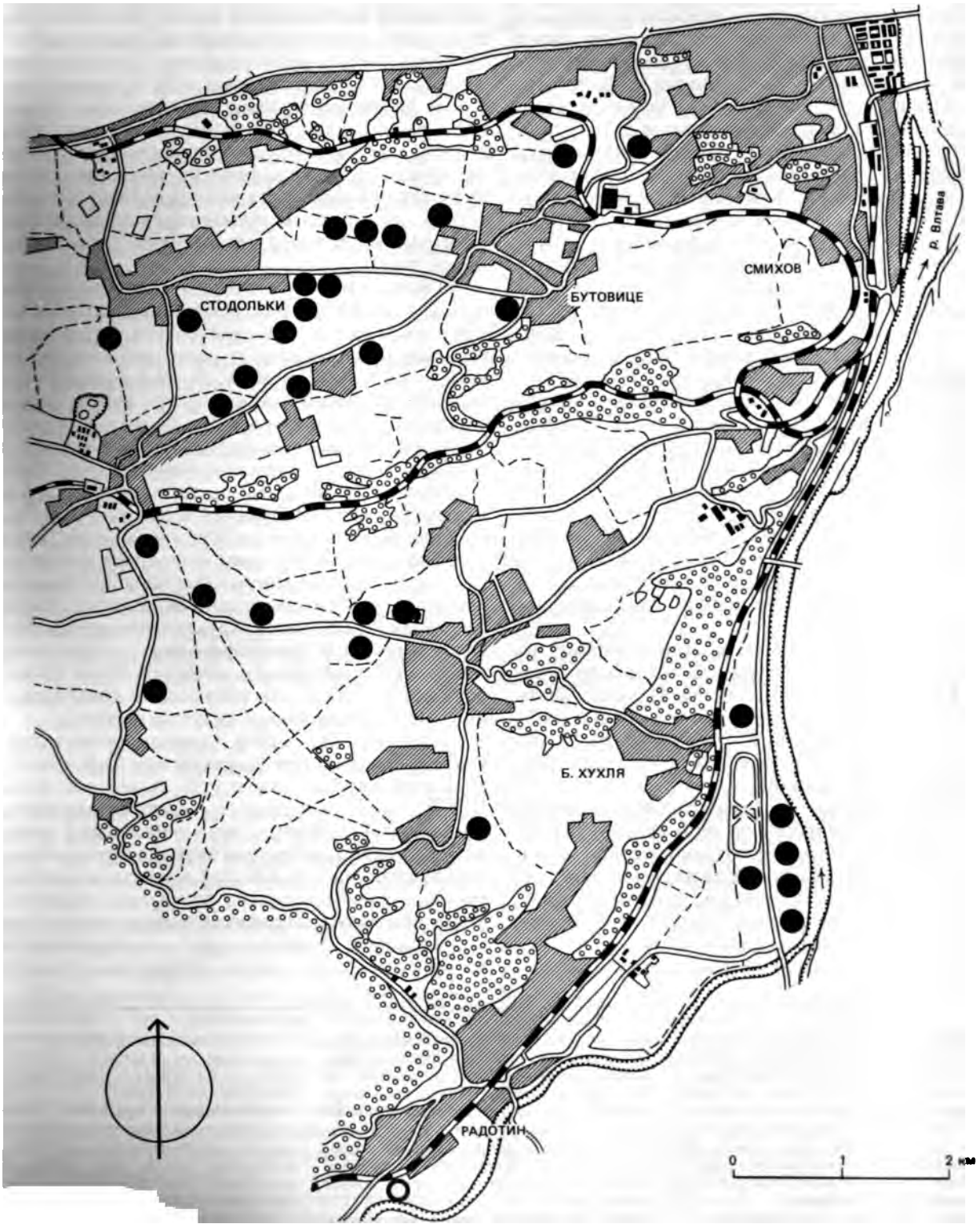
Рис. 1. Отвалы вблизи поверхностных разработок бурого угля спонтанно заселяются сорняками уже на второй год. Рудодольский отвал в Мостецке с зарослями крестовника лилового *(Senecio viscosus)* и лебеды глянцевитой *(Atriplex nitens)*. Фото К. Праха

Всестороннее хозяйственное развитие, потребность комплексно решать проблемы окружающей среды, сохранить и повысить продуктивность почв вынудили организовать более детальные исследования всех функций рудеральной и сорняковой растительности. Поэтому потребовалось разработать исходные теоретические концепции и рабочие программы, чтобы уяснить и использовать тенденции развития этой растительности и, наконец, целенаправленно влиять на нее, учитывая хозяйственные нужды. Оказалось, что чехословацкая ботаника реагировала на подобные запросы с известным опережением, и нынешние итоги наших исследований удовлетворяют самым строгим критериям. Полученные результаты, имеющие отношение к теоретическим концепциям развития рудеральной и сорняковой растительности, в 1984 г. были удостоены Государственной премии ЧССР имени Клемента Готвальда.

* * *

Прежде всего обратим внимание на ту часть антропогенной растительности, которую мы называем рудеральной. Уже говорилось, что она неотделима от сельскохозяйственно-промышленного ландшафта. Сделав обзор рудеральных сообществ ЧССР, мы убедительно показали, насколько многообразны синантропные растения. Нам удалось составить карту пестрой гаммы рудеральных сообществ на всех связанных с человеком участках «свободного» ландшафта и в населенных пунктах. Рудеральные сообщества встречаются прежде всего около городов, магистралей, горнодобывающих и промышленных комплексов, где временно образуются свободные земли, например большие строительные площадки новых жилых массивов. Так, в 1980—1982 гг. только на территории городского района Прага-5 было обнаружено более 1250 га, заросших подобными растениями. Рудеральные растения заселяют обычно участки с высокой плотностью населения. Тем самым усиливается значение этой растительности в жизненном пространстве.

Отметим, прежде всего, ее положительное влияние: спонтанно возникающие рудеральные заросли закрывают и укрепля[illegible] поверхность обнаженных почв, бл[illegible] на микроклимат пуст[illegible]ть в округе и улучш[illegible]шенных участк[illegible]ствуют разви[illegible]цесса на отвал



ы Праги по состоянию на чины зарослей с преоб- *album)* на оголенных поч- ран жилых массивов.

Возникают эти заросли преимущественно там, где ранее были овощные и свекольные поля. Пыльца поздно цветущей мари белой вызывает аллергии дыхательных путей (сенную лихорадку, аллергическую бронхиальную астму)

ствуют развитию водной и ветровой эрозии. Многие рудеральные виды укрепляют отвалы и хранилища промышленных отходов, в то время как попытки их санации с помощью других растений оказываются неудачными. Например, отвалы золы из топок тепловых электростанций, больших котелен, сталелитейных и других промышленных предприятий спонтанно заселяются некоторыми видами растений из родов *Sisymbrium, Chenopodium, Amaranthus, Tripleurospermum, Calamagrostis*, в то время как искусственные посадки и посевы не приживаются.

Только в последнее время был собран материал, позволяющий оценить гигиеническую и эпидемиологическую роль рудеральной растительности в окружающей среде. Было доказано, что она существенно влияет на пыльцевую аллергию населения, изменяя характер ее протекания и частоту возникновения. Особенно это касается аллергии дыхательных путей. Возникновение аллергий в районах, окруженных «кольцами» рудеральных зарослей, обусловлено тем, что некоторые из них (пырей ползучий, полынь-чернобыльник, марь белая, марь твердая, зверобой канадский, ромашка приморская, лебеда глянцевитая, вейник наземный, бузина и др.) выделяют много пыльцы с сильным или до сих пор недостаточно изученным воздействием (рис. 2).

Наконец, рудеральные растения влияют на жизнь культурных растений. В частности, многие виды рудеральных сообществ могут быть носителями опасных для хозяйства страны грибных и вирусных болезней культурных растений. Поэтому их заросли становятся потенциальными очагами фитоинфекций.

Положительное и отрицательное влияние рудеральных сообществ на окружающую среду определяется не только их количеством, но и качественным составом. Участки, похожие по экологическим свойствам и происхождению, заселяются одинаковыми по составу сообществами. Поэтому анализ видового состава и прогнозирование его изменений как с практической, так и с теоретической точек зрения — важнейшая задача ботанической науки. Нам было очевидно, что, несмотря на большое разнообразие и эволюционную разнородность, рудеральные сообщества можно типизировать и упорядочить в виде наглядной системы. Практическое значение такой классификации бесспорно. Она должна помочь не только количественно проанализировать и топографически выразить состав рудеральных сообществ на определенных территориях, но и реально прогнозировать тенденции их развития со всеми следствиями для окружающей среды.

Однако известные сегодня способы типизации и классификации, основанные на обычно применяемых методах европейских **фитоценологических** школ, обладают серьезными недостатками, если использовать их для рудеральных сообществ. Необходимо было найти такой метод, который позволил бы уяснить динамику видового состава всех рудеральных зарослей и сохранил бы теоретическую основу точной классификации. Необходимо было также учитывать и существующую фитоценологическую систему, которая вырабатывалась для территории Центральной Европы в течение более чем восьмидесяти лет усилиями многих ботаников. Попытка решить эту сложную задачу вылилась в разработку так называемого **дедуктивного метода синтаксономической классификации** растительных сообществ, пригодность которого была проверена прежде всего при типизации и классификации именно рудеральной растительности.

Дедуктивный метод синтаксономической классификации, предложенный и разработанный в Ботаническом институте Академии наук ЧССР, дает возможность систематизировать самые разные, быстро меняющиеся или вновь возникающие комбинации антропогенных растительных сообществ. Он, как и другие известные методы, последовательно учитывает **определяющие признаки классификационных единиц.** При этом единицы — синтаксоны — выстраиваются по иерархии снизу вверх следующим образом:

Фитоценология — наука о фитоценозах, или растительных сообществах. Разные школы ботаников понимают **фитоценоз** несколько по-разному. Одно из наиболее принятых современных его определений такое: фитоценоз — совокупность популяций растений, связанных условиями местообитания и взаимоотношениями в пределах более или менее однородного комплекса факторов среды.

Одна из важнейших задач фитоценологии — классификация растительных сообществ. Широко распространена в мире так называемая флористическая классификация фитоценозов, основателем которой был швейцарский ученый И. Браун-Бланке (см. ниже в статье). Она использует индуктивный метод, т. е. классификация строится путем объединения сходных объектов «снизу», от частного к общему. Наряду с этим фитоценология использует **дедуктивную классификацию** «сверху», от общего к частному. Как правило, дедуктивный подход используется параллельно с индуктивным и дополняет его, как это и делают авторы статьи.

Классификационная единица в фитоценологии (особенно при флористической классификации) называется синтаксоном. Это понятие с
нноза с устан
самое. Ч
сис

таксон в классификации фитоценозов — **ассоциация** — наиболее широко используется в разных школах и трактуется несколько по-разному.

Определяющим признаком единицы может быть, скажем, присутствие в сообществе какого-либо вида растений, или нескольких видов, или, наоборот, — отсутствие вида. Назовем для примера три широко распространенных определяющих признака ассоциации: **верные виды — виды, всегда присутствующие в данной ассоциации, характерные виды —**
ких ассоциаций, они встречаются
и дифференциальные виды,
ю ассоциацию

ассоциация — союз — порядок — класс и так далее.

Существующие способы классификации используют, как правило, в качестве основной единицы только ассоциацию. Причем нестрогое, произвольное толкование этого понятия ведет к путанице признаков высших и низших единиц системы, тем самым в значительной степени снижая точность фитоценологической классификации вообще. Например, ассоциацией назывались такие сообщества, которые совершенно не имели определяющих признаков этой единицы, установленных действующей международной классификацией.

В современном ландшафте мы встречаемся с такими типами фитоценозов, в которых или отсутствуют характерные и дифференциальные виды, или присутствуют лишь виды с широкой экологической и ценотической амплитудой, которые не учитываются при классификации. Но именно эти виды в достаточной степени приспособлены к значительным и относительно быстрым изменениям внешней среды. Дедуктивный метод делает возможной обоснованную типизацию и синтаксономическую классификацию фитоценозов, которые при сохранении точных прежних классификационных критериев не могут быть названы ассоциациями. Эти сообщества мы называем основными (базальными) или производными, помещая их на более высокий уровень современной фитоценологической системы.

Таким образом, этот метод классификации использует три основные качественно различные абстрактные единицы. Первая — ассоциация. Это тип фитоценоза, включающий наряду с видами растений более высоких синтаксономических единиц и сопутствующими им видами также вид (или виды) с наибольшей вероятностью появления в данном сообществе. Этот вид может быть обозначен как характерный. Такое понимание ассоциации отвечает ее действующему международному определению, принятому на Ботаническом конгрессе в Амстердаме в 1934 г.

Вторая единица — основное, или базальное, сообщество. Тип фитоценоза, составленный лишь из видов высших синтаксономических единиц и из сопутствующих видов, покрывающих малую площадь и неустойчивых.

И третья — произвольное сообщество. Тип фитоценоза с преобладанием одного (в крайнем случае, двух) из так называемых сопутствующих видов основного сообщества.

С помощью дедуктивного метода можно классифицировать и систематизировать все антропогенные сообщества, составленные из видов с [illegible] и даже очень широкой экологической [illegible]ой амплитудой, в которых, кроме [illegible]вуют узко специфичные виды. В [illegible]ых или производных сообществ можно рассматривать, например, большую часть фитоценозов с преобладанием пырея ползучего *(Agropyron repens)*, сформировавшихся на антропогенных участках с различными экологическими характеристиками; сообщества с преобладанием вейника наземного *(Calamagrostis epigejos)*, заселяющего почву с самыми разнообразными химическими и физическими свойствами, на которые могут влиять и химические производства; сообщества с преобладанием крапивы двудомной *(Urtica dioica)*, на антропогенных и естественных почвах с повышенным содержанием азота; сообщества с преобладанием полыни-чернобыльника *(Artemisia vulgaris)*, ромашки приморской, или непахучей *(Tripleurospermum inodorum)*, зверобоя канадского *(Solidago canadiens)* и ряда других доминантных видов, которые в постоянно унифицирующейся антропогенной растительности современного ландшафта приобретают все больший и больший удельный вес.

Применение дедуктивного метода при классификации фитоценозов, включающих виды с широкой ценотической амплитудой, позволяет лучше понять экологические и сингенетические (связанные с изменением и формированием отношений в сообществе) параметры участков, на которых развиваются эти фитоценозы. Например, производные сообщества с доминантным вейником наземным *(Calamagrostis epigejos)*, растущим на шоссейных насыпях, относят к классу *Molinio—Arrhenatheretea*. Они возникают в условиях совершенно отличных от тех, в которых сообщества с тем же доминантом (относимые к порядку *Onopordetalia* класса *Artemisietea vulgaris)* развиваются на сильно щелочных почвах (отвалах золы) и с экстремальными почвенно-гидрологическими условиями. Зная экологические и ценотические различия между сообществами с одними и теми же доминантами, легче определять их функции в ландшафте и ценность как биологических индикаторов.

Результаты, полученные к настоящему времени в Ботаническом институте АН ЧССР, подтвердили, что дедуктивный метод синтаксономической классификации применим для типизации всех антропогенных сообществ культурных ландшафтов. Он был использован при обработке рудеральной растительности юго-западного сектора Праги (рис. 2.3), растительности на участках новых жилых кварталов г. Брно, сопутствующей растительности шоссейных дорог на модельной территории Орлицких гор и их предгорий, прудовой растительности Южной Чехии. Наш подход получил хорошие отзывы и довольно широко применяется за границей. Некоторые немецкие авторы использовали его при анализе растительности на антропогенных участках (на берегах водных артерий, вдоль железных дорог и на железнодорожных станциях); голландские ботаники — при обработке

Рис. 3. План того же района Праги по состоянию на 1977 г. Черными точками обозначены заросли мари городской *(Chenopodium urbicum)* — исчезающего вида, оставшегося от сельского населения. Кружками обозначены участки щетинника мутовчатого *(Setaria verticillata)*, распространяющегося от Смиховского вокзала, куда он был занесен железнодорожным транспортом. Оттуда этот вид перемещается вдоль главных автомобильных трасс (Збраславского и Пльзеньского шоссе)

Рис. 4. Обочины шоссейных дорог в однообразном сельскохозяйственном ландшафте — один из главных коридоров так называемой линейной миграции многочисленных видов растений. Фото К. Ковецки

естественных сообществ (леса, луга, береговая растительность стоячих водоемов). Концепция приобрела известность в обоих германских государствах, в Швеции и в Советском Союзе. Поэтому можно утверждать, что дедуктивный метод синтаксономической классификации — заметный вклад чехословацкой ботаники, имеющий общеевропейское значение.

* * *

С применением дедуктивного метода тесно связано понятие так называемой линейной миграции растений и их сообществ. Вторичное (заново после исчезновения) распространение аллохтонных (привнесенных) и автохтонных (местных) растений вдоль коммуникаций, прежде всего вдоль шоссейных и железных дорог, — одно из наиболее важных проявлений динамического изменения современного ландшафта (рис. 4).

Детальное представление об этих изменениях позволило создать концепцию так называемого процесса апофитизации*. В его исследовании, в частности в анализе его фитоценологических последствий, чехословацкая ботаника также имеет приоритет. Опубликованы работы о процессе апофитизации нитрофильных видов трав естественных «бордюрных» участков, прежде всего участков на берегах водных потоков (виды родов *Chaerophyllum, Anthriscus, Aegopodium, Petasites, Rumex* и др.). Ряд этих видов преобладает в рудеральных сообществах современного ландшафта. Многие из них распространились в полях и на лугах, став обременительными для человека сорняками. Фитоценологический анализ процесса апофитизации автохтонных видов объясняет их проникновение и распространение с естественных участков на участки, созданные человеком. Кроме того, подобный анализ удовлетворительно объясняет возникновение новых видовых комбинаций, которые отсутствуют в естественном ландшафте.

Хотя первые работы на эту тему были опубликованы только в 1984 г., они уже возбудили интерес немецких и бельгийских ботаников. Таким образом, синантропные организмы могут

* **Апофитизация** — внедрение и расселение (вторичное распространение) апофитов, местных видов растений, которые меняют место своего обитания под влиянием деятельности человека. — *Ред.*

Рис. 5. Образец семенного банка сорняков в пахотной земле. Толщина слоя земли 5 см, объем 1125 см³. После промывки на ситах видна смесь различных органических и минеральных компонентов с семенами сорняков, которая подлежит дальнейшей сепарации. Увеличение в 4 раза. Фото М. Новака

быть использованы как живые мониторы загрязнения среды, и можно оценить их роль в целом ландшафте (сельскохозяйственном, лесном, прудовом), в целой коммуникационной сети. Благодаря дедуктивному методу можно делать оценку каждой заросли, а также на выбранных площадках следить за увеличением количества синантропных видов, повышением их доли в заросли и т. п. Этим методом можно оценить изменения и в заросли, и в локальных загрязнениях (отбросах населенных пунктов, долговременных хранилищах компоста, на свалках).

* * *

Сорняки росли среди возделываемых культур с самого начала развития земледелия (у нас приблизительно 6000 лет назад), несмотря на все попытки человека их уничтожить. Их жизнеспособность обусловлена тем, что они «научились» в соответствии с законами природы использовать каждое свободное пространство и время, которые не использовал человек. Многие виды сорняков, как уже говорилось, не являются в буквальном смысле слова вредными, а само понятие и степень вредности менялись в разные времена. Некоторые из сорняков когда-то специально возделывались человеком, а полезные качества других, вероятно, еще ожидают своей оценки.

С точки зрения экосистемного подхода ко всей проблематике полевых сорняков, по-видимому, было бы правильнее говорить о сегетальных растениях, т. е. приспособленных к произрастанию в посевах сельскохозяйственных культур. Тем самым мы обращаем особое внимание на то, что и к сорнякам мы должны относиться как к объективной реальности. Чтобы изыскать возможности их ограничения, человек должен понять закономерности их существования. Набор популяций всех сегетальных видов на пашне образует сегетальный фитоценоз, или сорняковое сообщество. Оно вместе с возделываемой культурой (или смесью культур) образует агрофитоценоз, который, в свою очередь, — часть агроэкосистемы. Чтобы правильно уяснить себе экономический аспект понятия «сорняк», мы должны изучить набор естественных растений на пахотной почве в разных по флоре и сельскохозяйственной продуктивности областях, а также экологические и биологические свойства отдельных видов, образующих сообщества. Затем необхо[illegible] динамику популяций сегетальных [illegible] сти [illegible]йнантных «сорня[illegible] и сеге-

тальных сообществ. Ведь именно эти сообщества наиболее чутко реагируют на современные интенсифицирующие факторы в продуктивном растениеводстве, и их состав изменяется соответствующим образом. При изменении агроэкологических факторов ряд сегетальных видов отступает и даже исчезает, в то время как другие виды начинают преобладать. При этом в агрофитоценоз проникают даже новые, до сих пор незнакомые нам виды. Тем самым, разумеется, для ряда сегетальных видов меняется содержание хозяйственного понятия «сорняк».

Начало классификации сегетальных сообществ в Европе приходится на тридцатые годы нашего столетия (как и для рудеральных сообществ), а приоритет принадлежит швейцарской (Цюрих—Монпелье) школе, основателем которой был И. Браун-Бланке *(Braun-Blanquet)*. Сторонники этого направления «социологии» растений изучали не только первичные, естественные сообщества, но и вторичные, полуестественные, или так называемые производные, сообщества. Бесспорной заслугой этой новой области геоботаники было то, что она не прошла мимо названных типов растительности, однако разрешить все проблемы ей не удалось. Были изучены и поняты только некоторые фазы развития сегетальных сообществ, причем сообщества зерновых и пропашных культур рассматривались изолированно, хотя они взаимодействуют уже в ходе севооборота. Кроме того, надо учитывать, что в течение вегетационного периода изменяется агроэкотоп. Под этим термином мы понимаем совокупность условий для сообщества культурных и сорняковых растений на пахотной почве, обусловленную состоянием почвы, характером местного климата, а также системой ведения хозяйства. Естественно, агроэкотоп претерпевает определенные временные изменения, от которых зависят и сегетальные сообщества. Все эти факты учтены в новом теоретическом подходе к классификации сорняковых сообществ, который исходит из динамики агроэкотопа и обращает внимание на важную проблему запасов живых семян всех сегетальных популяций в почве.

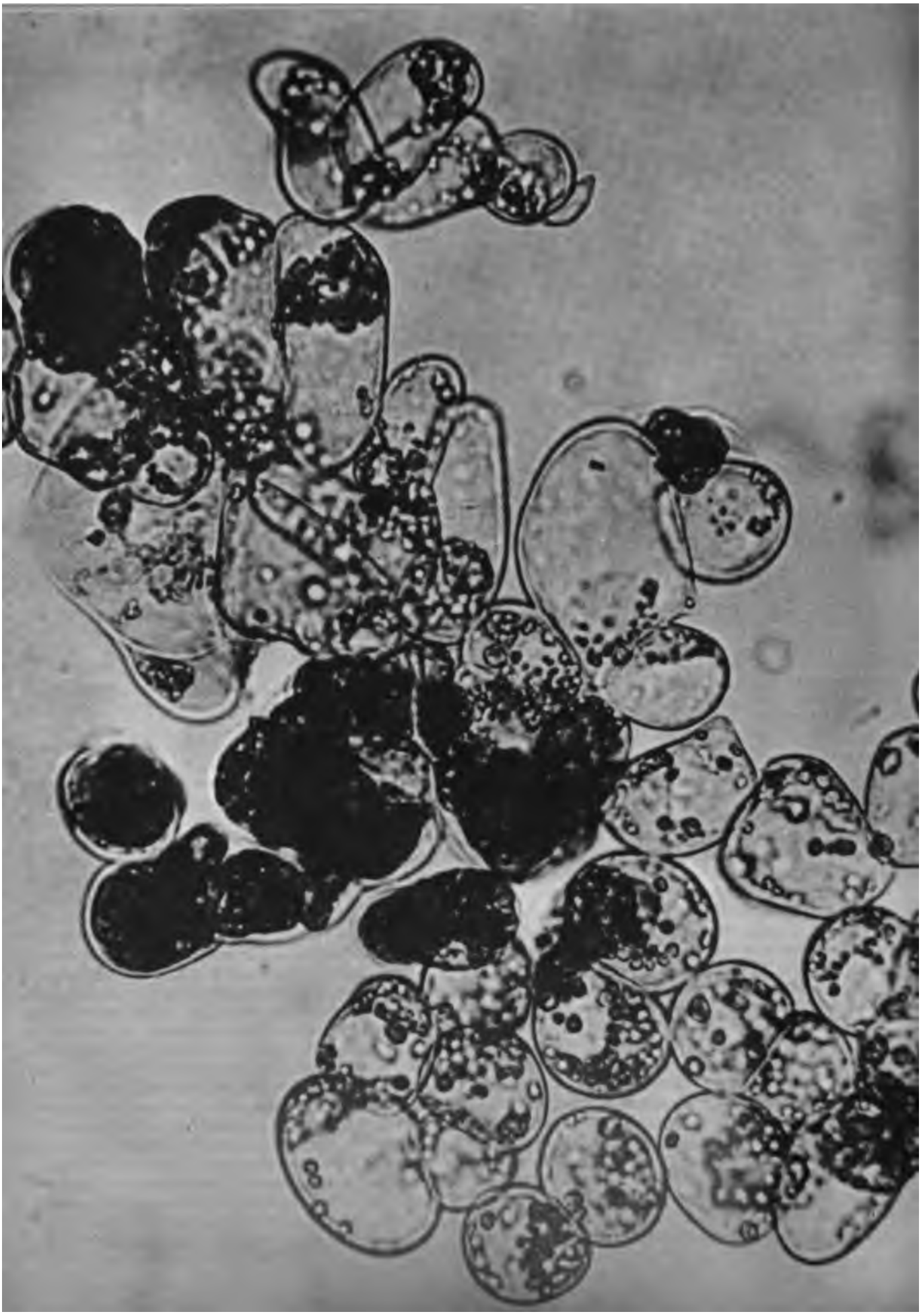
Для исследования изменения агроэкотопа была применена теория экофаз, разработанная уже много лет назад для влаголюбивой растительности (Гейны, 1957, 1960, 1971). Основные характеристики агроэкофаз были точно определены с учетом условий среды, всех агротехнических и химических воздействий, в том числе и влияния соответствующих культурных растений и времен[illegible] года. Агроэкофазы связаны с сезонным [illegible] сегетальной растительности, кото[illegible]бновляется из запаса диаспор в [illegible]ственно отделяющихся частей [illegible]служат для их размножения. [illegible]новенная пахотная почва начинена не только живыми семенами или плодами, но и устойчивыми вегетативными органами многолетних видов. Серия агроэкофаз у определенного типа культуры образует специфический агроэкопериод, а серия агроэкопериодов — агроэкоцикл (он соответствует прохождению культур в севообороте). Целостный цикл обусловлен земледельческой системой данного исторического периода.

Подобный подход позволяет более гибко и более глубоко классифицировать сегетальные сообщества в рамках агрофитоценоза. Все сорняковые сообщества рассортировываются по единой системе в виде подвижной цепи ассоциаций. Ассоциация остается основной классификационной единицей и может быть точно определена. А полный набор и иерархия низших и высших синтаксонов сохраняются как вспомогательное средство для понимания динамики сегетального сообщества.

Фундаментальное значение имеет изучение запасов живых диаспор в почве, прежде всего запасов живых семян или плодов, которые представляют собой так называемое потенциальное засорение (Кропач, 1966), или семенной банк (Харпер — *Harper*, Великобритания, 1977). Банк семян (рис. 5) и плодов сорных растений, как правило, десятикратно, а иногда и стократно превышает посевные нормы наших зерновых культур. Столь гигантские его размеры связаны не только с усиленным производством семян, но и с их многолетней жизнеспособностью в пахотной земле.

Некоторые данные о том, что семена сохраняются в почве многие десятки и даже сотни лет, хотя и достоверны, однако получены в экстремальных условиях (не только в пахотной почве, но и на старых полях, превратившихся в луга, в строениях в сухом состоянии и т. п.). В пахотной почве с оптимальным микробиологическим, водным и воздушным режимом жизнеспособность семян, как правило, ограничивается десятилетием. Но и этого времени достаточно, чтобы появиться настоящим сорняковым сообществам или их фрагментам. Качественный и количественный состав семенного банка сорняков устанавливать довольно трудоемко, и эта задача до сих пор полностью методически не решена. Для иллюстрации приведем такую цифру: в пахотной земле на глубине до 30 см находится 25 000 семян на 1 м^2, или 250 млн. семян на 1 га.

Новая концепция классификации сегетальных сообществ позволяет более всесторонне рассматривать их роль в агрофитоценозе, облегчает прогнозирование и регуляцию его оптимального развития. Тем самым заложена серьезная основа для дальнейшего изучения популяционной динамики сорняков методами современной системной экологии.



МИКРОМИР

Величайшим достижением человеческого гения является то, что человек может понять вещи, которые он уже не может вообразить.

Л. Д. Ландау

Д. В. ШИРКОВ
Новый метод теоретической физики

Н. ХАДЖИЛИАДИС
Соединения платины в химиотерапии рака

Р. Г. БУТЕНКО
Биология клетки и биотехнология

Дмитрий Васильевич ШИРКОВ (р. 1928) — физик-теоретик, член-корреспондент АН СССР, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, профессор МГУ имени М. В. Ломоносова, начальник сектора Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна).

В 1949 окончил МГУ. Работал в Институте химической физики АН СССР, Математическом институте имени В. А. Стеклова АН СССР и Объединенном институте ядерных исследований (1958—1960 и с 1969). В 1960—1969 — заведующий отделом теоретической физики в Институте математики СО АН СССР и заведующий кафедрой теоретической физики Новосибирского государственного университета.

Основные научные интересы связаны с квантовой теорией поля. Построил эффективный приближенный метод исследования задач диффузии и замедления нейтронов (1949—1952). Совместно с Н. Н. Боголюбовым развил аксиоматическую теорию возмущений в квантовой теории поля и создал метод ренормализационной группы (1954—1955). Разработал схему количественного описания упругих и квазиупругих адронных взаимодействий при низких энергиях (1959—1970).

Д. В. ШИРКОВ

Новый метод теоретической физики

Волнующая сейчас не только физиков идея Великого объединения взаимодействий (сильного, электромагнитного и слабого) основана на результатах, полученных с помощью реормализационной группы — нового универсального метода. Он находит применение также во многих других областях физики и служит мощным инструментом в познании строения и свойств материи.

Современная теоретическая физика представляет собой гармоничное соединение глубоких физических идей с математическими методами исследования. Первые служат фундаментом для формулировки основных законов и моделей, последние дают средства теоретического анализа, приводящего к конкретным результатам.

Так, например, представление о единой сущности гравитационных явлений в природе, выраженное в виде ньютоновского закона притяжения масс, лежит в основе уравнений, описывающих движения небесных тел. Эти уравнения обычно решают методом теории возмущений, который служит примером весьма общего математического приема; помимо небесной механики, его с успехом применяют в таких разделах физики, как радиофизика, квантовая механика, теория элементарных частиц и многих других. Хороший математический метод — своего рода универсальный инструмент, позволяющий исследовать далекие друг от друга физические ситуации.

Около 30 лет назад теоретическая физика обогатилась еще одним общим методом исследования, известным как метод ренормализационной группы. Он возник в квантовой теории поля — наиболее абстрактной и математизированной области теоретической физики, представляющей собой основу современной теории элементарных частиц и их взаимодействий. За истекшее время, особенно за последние 15 лет, этот метод, известный поначалу лишь узкому кругу специалистов в области теории частиц, постепенно превратился в общефизический. В настоящее время он широко и плодотворно используется не только в квантовой теории поля, но и в задачах статистической механики, теории критических явлений, теории турбулентности, физике полимеров, теории переноса излучения и некоторых других.

Наш рассказ об этом новом методе мы построим по следующему плану. Разделы 1, 2 и 3, отдавая дань историческому ходу событий, познакомят читателя с основными физическими представлениями современной теории элементарных частиц, необходимыми для того, чтобы объяснить смысл и роль метода ренормгруппы в этой области. Сама ренормгруппа в квантовой теории поля вводится затем в разделе 4 весьма упрощенным способом (имеющим мало общего с первоначальными рассуждениями в работах середины 50-х гг.), при этом нам не удастся обойтись без нескольких формул, которые, можно надеяться, не отпугнут вдумчивого читателя*. Этот способ позволяет развить общий взгляд на ренормгруппу в разных областях физики, что и демонстрируется в следующем, 5-м разделе на материале теории переноса. Сущность метода ренормгруппы, позволяющего эффективно улучшать результаты обычной теории возмущений, излагается в следующих разделах. В заключение приводится краткий перечень наиболее плодотворных областей применения метода в различных разделах теоретической физики.

1. Квантовые поля

Прилагательное «ренормализационная» отражает историческую связь с так называемой ренормировкой (или перенормировкой) — специальной процедурой (о ней ниже), используемой в квантовой теории поля, завершающем и наиболее сложном разделе современного курса теоретической физики. Основным физическим объектом этой теории является квантовое (иногда говорят — квантованное) поле — своеобразный синтез понятий классического поля типа

* **От редакции.** И все же редакция считает своим долгом предупредить, что чтение этой статьи потребует определенных усилий, за которые, однако, читатель будет с лихвой вознагражден — он приобщится к познанию сокровенных глубин материи, приблизится к истокам самых смелых естественнонаучных гипотез современности, убедится в принципиальном единстве закономерностей весьма разнородных по внешним признакам явлений природы.

электромагнитного и поля вероятностей нерелятивистской квантовой механики. По современным представлениям, квантовое поле — наиболее фундаментальная и универсальная форма материи, лежащая в основе всех ее конкретных проявлений.

Квантовое поле — единый фундаментальный объект, заменяющий поля и частицы классической физики. Одно такое поле, определенное в каждой точке четырехмерного пространства-времени, описывает все частицы данного сорта во Вселенной.

Концепция квантового поля позволяет естественным образом рассматривать системы с переменным числом частиц, а также процессы превращения одних частиц в другие. Элементарным актом всякого взаимодействия становится взаимодействие нескольких полей в одной точке пространства-времени, или, на корпускулярном языке, локальное и мгновенное превращение одних частиц в другие. Что касается привычных нам классических сил, действующих между частицами, то они возникают как вторичный эффект в результате обмена квантами поля, которые переносят данное взаимодействие.

Вычислительный аппарат квантовой теории поля представляет собой релятивистский аналог квантовомеханической теории возмущений. Метод теории возмущений предполагает, что возможно некое упрощение исходной задачи, поддающееся точному решению. Отброшенные при таком упрощении эффекты рассматриваются как малые возмущения, последовательный учет которых позволяет приблизиться к точному решению задачи. Отправная физическая точка в квантовой теории поля — картина невзаимодействующих между собой полей. Например, в квантовой электродинамике (КЭД) мы исходим из двух свободных полей — квантового электромагнитного поля и квантового **электрон-позитронного Поля Дирака** *(Dirac)*. Элементарным актом взаимодействия в КЭД является испускание (или поглощение) фотона электроном или позитроном, а также взаимное превращение фотона и электрон-позитронной пары. Интенсивность взаимодействия в каждом элементарном акте характеризуется величиной заряда электрона e. Фактическим параметром разложения теории возмущений в КЭД выступает безразмерный параметр — постоянная тонкой структуры $\alpha=e^2/4\pi\hbar c\simeq \frac{1}{137}$. (Здесь h — постоянная Планка, а c — скорость света.)

2. Виртуальные процессы. Поляризация вакуума

Существенная черта квантовой теории поля, как и вообще квантовой механики, — виртуальные *переходы и виртуальные* состояния. Квантовая

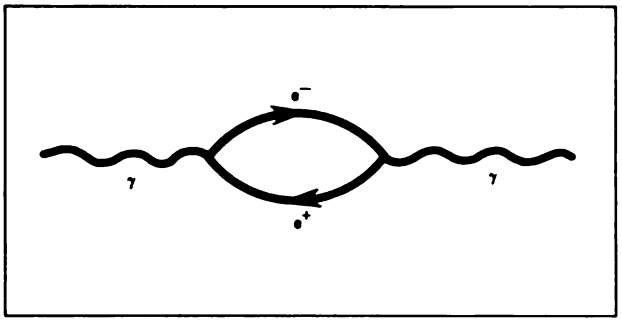


Рис. 1. Пример поляризации вакуума в квантовой электродинамике — виртуальное превращение фотона в пару: электрон (e^-) плюс позитрон (e^+) и обратный процесс: аннигиляция электрон-позитронной пары в фотон

система, испытывая превращения под влиянием взаимодействий, на короткое время Δt может оказаться в состоянии, запрещенном законом сохранения энергии. Степень нарушения энергии ΔE связана с Δt знаменитым соотношением неопределенности В. Гейзенберга *(Heisenberg)*

$$\Delta E \cdot \Delta t \geqslant h.$$

Такие промежуточные состояния физических систем, невозможные в классической физике, называют виртуальными, а переходы в них — виртуальными переходами. В этих переходах выполняются все законы сохранения, кроме закона сохранения энергии. Возможно, например, уже упомянутое виртуальное превращение кванта электромагнитного поля — фотона в пару: электрон плюс позитрон ($\gamma \to e^+ + e^-$), а также обратный процесс: $e^+ + e^- \to \gamma$. Совокупность таких последовательных виртуальных переходов обычно изображают графической схемой (см. рис. 1), которая представляет собой одну из простейших диаграмм Фейнмана в квантовой электродинамике. Процесс, изображенный на рис. 1, называют процессом поляризации вакуума. Он приводит к ряду важных физических следствий, в том числе к возникновению понятия эффективного заряда в квантовой теории поля. Для того чтобы объяснить это, воспользуемся классической аналогией.

Пусть в поляризуемую среду, молекулы которой могут быть уподоблены «гантелькам» с разноименными электрическими зарядами на концах, внесен сторонний электрический заряд Q. Из-за притяжения разноименных зарядов молекулы среды повернутся таким образом, что сторонний заряд окажется частично заэкранированным. В результате потенциал внесенного заряда на расстоянии r от него окажется равным не Q/r, как было бы по закону Кулона в отсутствие среды, а некоторому меньшему значению, которое можно представить в виде $Q(r)/r$, причем $Q(r)<Q$. Величину $Q(r)$ называют эффективным зарядом на расстоянии r. При уменьшении расстояния, то есть при приближении к стороннему

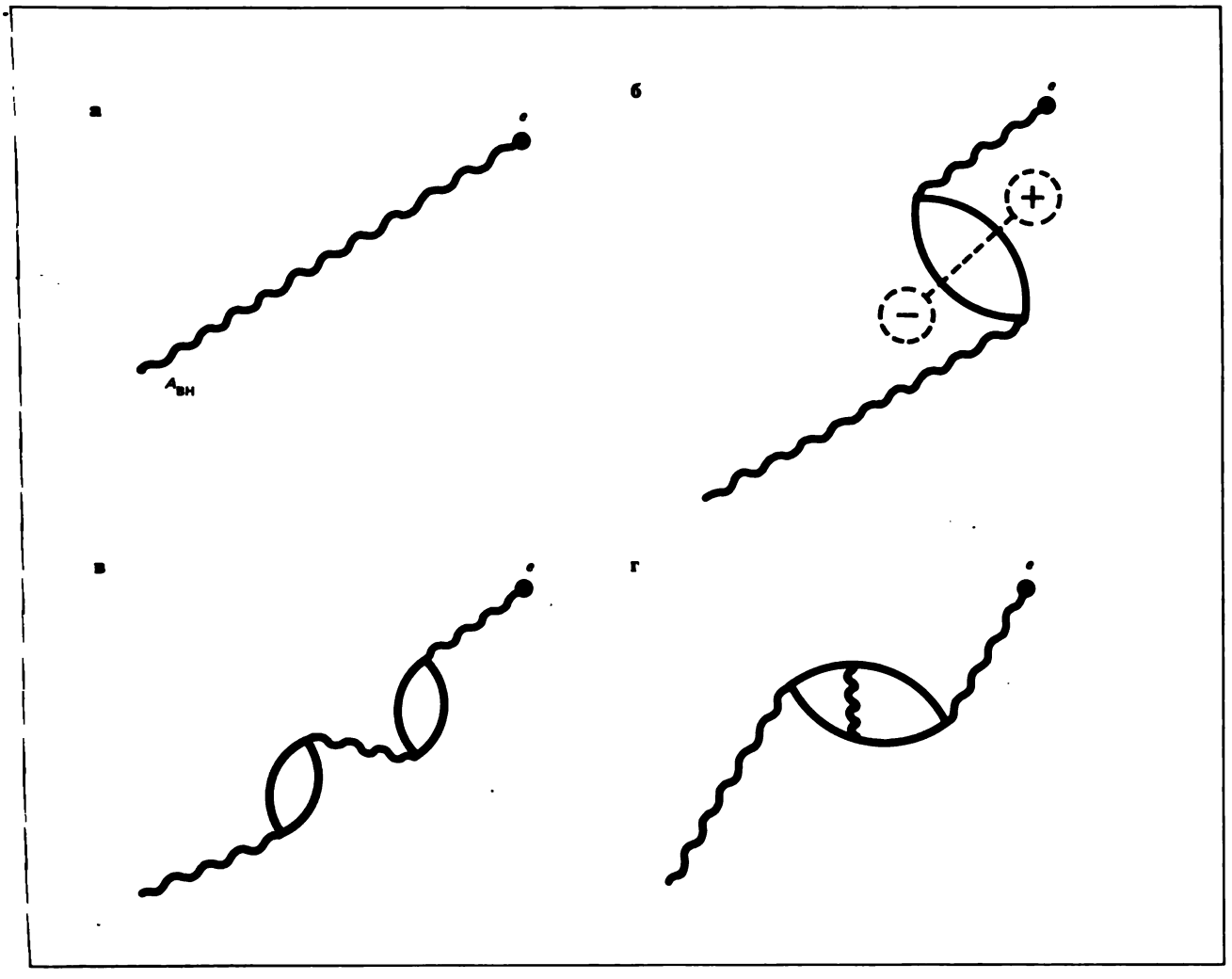


Рис. 2. Графическое изображение процесса измерения заряда электрона e внешним полем $A_{вн}$: а — классическая картина, не учитывающая вакуумные флуктуации, б — виртуальная диссоциация фотона на электрон-позитронную пару, образующую эффективный диполь; в, г — более сложные процессы поляризации вакуума, пропорциональные второй степени параметра

заряду, функция $Q(r)$ возрастает и стремится к «истинному» значению заряда Q.

В квантовой теории поля роль «поляризуемой среды» играет вакуум, то есть пространство между микрочастицами. Квантовополевой вакуум не есть физическая пустота. Он заполнен вакуумными флуктуациями — виртуальными частицами. Его можно уподобить гладкой на первый взгляд поверхности водоема, которая при ближайшем рассмотрении оказывается подернутой хаотической мелкой рябью. Эта «рябь» — так называемые нулевые колебания, они всегда присущи нижнему энергетическому состоянию в квантовой механике. В КЭД нулевые колебания состоят в основном из возникающих на короткое время виртуальных электрон-позитронных пар, которые и выполняют роль электрических «гантелек».

Рассмотрим влияние этих флуктуаций на процесс измерения заряда электрона.

3. Эффективный заряд

На рис. 2 представлены фейнмановские диаграммы, описывающие процесс измерения заряда электрона. Измерение осуществляется при помощи внешнего электромагнитного поля $A_{вн}$, которое изображено волнистой линией. Диаграмма 2а соответствует классической картине, не учитывающей вакуумные флуктуации. Диаграмма 2б отражает случай, когда фотон, измеряющий заряд, виртуально диссоциирует на электрон-позитронную пару, которая и образует эффективный диполь, производящий эффект экранировки. Этот последний процесс содержит два элементарных акта взаимодействия и потому

его вклад пропорционален квадрату заряда электрона, то есть малому множителю $\alpha = 1/137$. И этот вклад зависит от расстояния! На расстояниях от электрона, много меньших его **комптоновской длины волны** $r_e = \hbar/mc \simeq 3{,}9 \cdot 10^{-11}$ см, вклад поляризации вакуума имеет вид логарифма $\ln r$, и измеряемый заряд электрона может быть представлен в виде

$$e \to e(r) = e \left\{1 - \frac{2\alpha}{3\pi} \ln (r/r_e) + \ldots\right\} .$$

В этой формуле многоточием обозначены вклады более сложных процессов поляризации вакуума, подобных изображенным на диаграммах 2в и 2г, чьи вклады пропорциональны второй степени постоянной тонкой структуры α.

Важно отметить: сам факт, что возникает зависимость измеряемого заряда электрона от расстояния, имеет чисто квантовую природу. С уменьшением расстояния значение эффективного заряда возрастает. Таким образом, качественное поведение $e(r)$ соответствует классической экранировке. Эта зависимость изображена на рис. 3 в виде семейства кривых. Каждая кривая соответствует возможному поведению эффективного заряда $e(r)$, полученного из теоретических расчетов, естественно, что не все они соответствуют измеряемому на опыте значению.

Дело в том, что в отличие от классического примера, когда величина стороннего заряда, вносимого в среду, задана изначально, в данном случае заряд измеряется на «не слишком малых» расстояниях. Результат измерения, вообще говоря, характеризуется двумя величинамн — расстоянием r_i и соответствующим этому расстоянию значением заряда e_i. Поэтому одна из кривых рис. 3 может быть однозначно выбрана заданием двух параметров r_i и e_i таким образом, что для этой кривой $e_i = e(r_i)$. С этой точки зрения определение заряда электрона с помощью макроскопических измерений, например, в опыте Милликена*, соответствует пределу бесконечно боль ших в масштабах микромира расстояний, т. е.

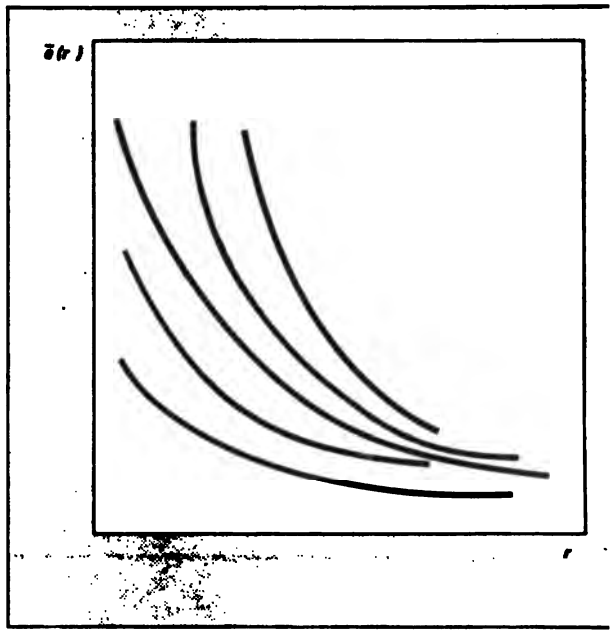


Рис. 3. Поведение эффективного заряда $\bar{e}(r)$ как функции расстояния. Выбор из множества кривых осуществляется соответствием эксперименту

$$e(\infty) = \sqrt{\frac{4\pi\hbar c}{137}} .$$

Для описания явлений физики микромир наиболее удобно не координатное, а импульсно представление. Соответственно этому обычн имеют дело с эффективным зарядом (точнее –

* Первые точные измерения электрического заряд электрона в макроскопическом опыте провел американски физик Р. Милликен *(Millikan)* в 1909—1913 гг.

Релятивистское уравнение для волновой функции частицы со спином $^1/_2$, описывающее изменение во времени ее состояния, было предложено английским физиком П. А. М. Дираком *(Dirac)* в 1928 г. Уравнение предсказывает существование античастиц. Античастицей электрона является позитрон. Он был экспериментально обнаружен в 1932 г., что стало блестящим подтверждением теории **электрон-позитронного поля Дирака.**

Комптоновская длина волны $r = \frac{\hbar}{mc}$ определяет масштаб, при котором становятся существенны квантовые процессы, такие, как рождение и аннигиляция пар, поляризация вакуума и т. д. Название связано с тем, что величина r задает *изменение длины* волны электромагнитного излучения при рассеянии на релятивистской частице. Эффект изменения длины волны был открыт американским физиком А. Комптоном *(Compton)* в 1923 г. и назван его именем

Четырех-импульсом называется четырехмерный вектор в теории относительности, компонентами которого являются энергия и импульс частицы. Квадрат четырех-импульса инвариантен относительно преобразований Лоренца, то есть вращений в четырехмерном пространстве-времени.

Лагранжиан в классической и квантовой теории поля — фундаментальная величина, определяющая вид уравнений движения и сохраняющиеся динамические величины. Он является обобще функции Лагранжа в механике системы с бесконечным числом степ свободы.

Ультрафиолетовая расходимость называемая «ультрафиолетовая строфа») — обращение в бесконечн выражений для некоторых физиче величин в локальной теории по точечными частицами — возникает интегрировании в области больших чений четырех-импульса (ультрафи товая область). В квантовой теории трудности, связанные с этой расход стью, устраняются путем перено ровки соответствующих физиче величин.

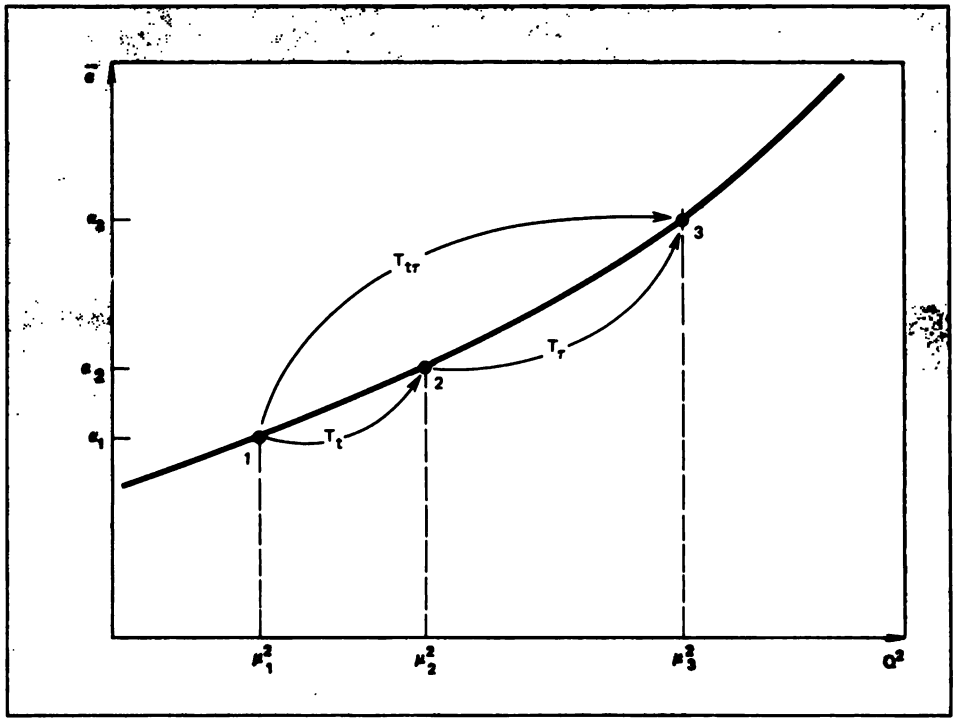


Рис. 4. Различные параметризации эффективного заряда электрона, рассматриваемого как функция импульсной переменной Q^2: последовательные операции 1→2 и 2→3 эквивалентны одной операции 1→3

квадратом заряда) в импульсном представлении: $\bar{\alpha}(Q^2)$ — монотонно возрастающая функция своего аргумента Q^2. Здесь и далее черта сверху над символом α означает, что $\bar{\alpha}$ есть функция от квадрата **четырех-импульса** (в отличие от α, α_μ, α_1... — значений этой функции при каком-то фиксированном значении аргумента). Условие соответствия с опытом Милликена теперь имеет вид $\bar{\alpha}(Q)=1/137$, что отвечает измерениям в постоянном электрическом поле, то есть фотоном с нулевым 4-импульсом. Однако, как и ранее, выбор одной из семейства кривых на плоскости Q^2, $\bar{\alpha}$ (см. рис. 4) может быть произведен заданием пары величин μ и α_μ таким образом, что $\bar{\alpha}(\mu^2)=\alpha_\mu$. Параметр μ называют параметром шкалы. В данном случае, как видно, он есть модуль 4-импульса фотона, используемого для измерения заряда электрона. Функция эффективного заряда $\bar{\alpha}(Q^2)$ описывает зависимость измеряемого на опыте заряда от условий измерения. Любопытно отметить, что при достижимых в наши дни на крупнейших ускорителях энергиях (порядка 100 ГэВ/с в системе центра масс) логарифмические поправки к милликеновскому значению становятся существенными и могут быть измерены на опыте.

Параметр μ не имеет аналога в классическом электродинамическом лагранжиане. Феномен его возникновения в квантовополевых вычислениях известен под названием «размерной трансмутации». Как было показано выше, в его появлении нет ничего неожиданного. В этой связи полезно вспомнить известные высказывания Нильса Бора *(Bohr)* середины 30-х годов, приведшие к формулировке принципа дополнительности. Их суть заключается в том, что для полной спецификации квантовой системы необходимо задать ее «макроскопическое окружение», то есть указать свойства макроскопических приборов, используемых для измерений. Именно они и характеризуются дополнительными параметрами. Однако роль параметра шкалы этим не исчерпывается. Как нетрудно показать, он приводит к существованию особой симметрии, представляющей основу ренормализационной группы.

4. Ренормгруппа в квантовой теории поля

Вернемся к рис. 4 и допустим, что выбор кривой уже произведен условием вида $\bar{\alpha}(Q^2=\mu^2)=\alpha_\mu$ и что мы имеем дело с безмассовой электродинамикой, то есть с приближением, в котором масса электрона m равна нулю. Такое приближение вполне оправдано на расстояниях, много меньших r_e, или в области импульсов, ограниченных условием $/Q/>>mc$. Поэтому эффективный заряд, который является величиной безразмерной, можно представить как некоторую функцию от двух безразмерных аргументов Q^2/μ^2 и α_μ, то есть записать в виде $\bar{\alpha}(Q^2/\mu^2,\alpha_\mu)$.

Примем теперь во внимание то очевидное обстоятельство, что пара значений (μ, α_μ) может соответствовать любой точке уже избранной кривой. Возьмем две какие-либо произвольные точки на этой кривой 1 и 2 с координатами (μ_1, α_1) и (μ_2, α_2) соответственно. Ясно, что $\bar{\alpha}$ как

функция двух безразмерных аргументов может быть с равным успехом параметрнзована и первой парой координат и второй. Иными словами, для любых значений Q^2 должно иметь место равенство

$$\bar{\alpha}\left(\frac{Q^2}{\mu_1^2}, \alpha_1\right) = \bar{\alpha}\left(\frac{Q^2}{\mu_2^2}, \alpha_2\right).$$

Заметнм здесь, что второй аргумент правой части, равный по определению значению функции α при $Q^2=\mu_2{}^2$, может быть выражен через ее значение в этой точке, параметризованное с помощью координат точки 1, то есть

$$\alpha_2 = \bar{\alpha}(Q^2 = \mu_2^2) = \bar{\alpha}\left(\frac{\mu_2^2}{\mu_1^2}, \alpha_1\right).$$

Подставляя это выражение в выписанное выше равенство и вводя упрощенные обозначения

$$\frac{Q^2}{\mu_1^2} = x, \alpha_1 = \alpha, t = \frac{\mu_2^2}{\mu_1^2},$$

приходим к функциональному уравнению для $\bar{\alpha}$:

$$\bar{\alpha}(x, \alpha) = \bar{\alpha}(x/t, \bar{\alpha}(t, \alpha)),$$

которое является основой математического аппарата ренормализационной группы.

Для того чтобы пояснить групповую природу полученного функционального уравнения, заметим, что переход от точки 1 на рис. 4 как основы для параметризации к точке 2 может быть записан в виде одновременного преобразования двух величин.

$$\mu_1^2 \to \mu_2^2 = t\mu_1^2, \alpha_1 \to \alpha_2 = \bar{\alpha}(t, \alpha_1)$$

с помощью непрерывного параметра t, который играет роль растяжки масштаба переменной μ^2. Обозначая это преобразование символом T_t, рассмотрим два последовательных преобразования этого вида T_t и T_τ, характеризуемых параметрамн растяжки t и τ соответственно. Их можно представить себе как последовательные преобразования перехода от точки 1 с координатами (μ_1, α_1), к точке 2 ($\mu_2=\sqrt{t}\,\mu_1$, $\alpha_2=\bar{\alpha}(t, \alpha_1)$ и от точки 2 к точке 3 ($\mu_2=\sqrt{\tau}\,\mu_2$, $\alpha_3=\bar{\alpha}(\tau, \alpha_2)$). Ясно, однако, что переход от 1 к 3 можно представить в виде одной операции растяжки с параметром $t\tau$, то есть $\mu_3=\sqrt{t\,\tau}\mu_1$ и $\alpha_3=\bar{\alpha}(t\tau, \alpha_1)$. Эквивалентность двух последовательных преобразований T_t и T_τ одному преобразованию T_π есть условие композиции, обеспечивающее групповой характер введенных выше преобразований. Эта эквивалентность имеет место тогда, когда оба рецепта получения величины α_3 из α_1 приводят к одинаковому результату, то есть при выполнении соотношения

$$\bar{\alpha}(t\tau, \alpha) = \bar{\alpha}(\tau, \bar{\alpha}(t, \alpha)),$$

которое, как легко видеть, совпадает с полученным выше функциональным уравнением. Можно показать, что в КЭД функция эффективного заряда $\bar{\alpha}(x,\alpha)$ равна произведению α функцию $d(x,\alpha)$, характеризующую распространение фотона (так называемый фотонный пропагатор) с учетом эффектов поляризации вакуума. В других моделях квантовой теории поля с одной константной связи g также удается ввести эффективную константу связи $\bar{g}(x, g)$, удовлетворяющую такому же функциональному уравнению, которая, однако, в общем случае выражается через произведение пропагатора различных частиц, а также некоторую специфическую (так называемую вершинную) функцию, учитывающую квантовополевые поправки к элементарному акту взаимодействия.

Оказывается также, что можно обобщить приведенные выше рассуждения и функциональные уравнения как на квантовополевые модели с несколькими константами связи, так и на случай учета масс частиц.

Еще раз вернемся к происхождению прилагательного «ренормализационный». Дело в том, что впервые соотношения между различными значениями эффективного заряда α_i, приводящие к функциональным уравнениям, подобным только что полученному, были выведены в КЭД с помощью рассуждений, опирающихся на свойства уже упоминавшейся процедуры перенормировки (или «ренормировки»), используемой для устранения ультрафиолетовых расходимостей. Поскольку последние не имеют прямого отношения к существованию симметрии, лежащей в основе групповых функциональных уравнений, мы не будем здесь вникать в детали и ограничимся пояснением.

В исходные уравнения КЭД входят так называемый «затравочный» заряд электрона e_0. Как было объяснено раньше, наблюдаемый заряд есть функция расстояния (или импульса). Затравочный заряд отвечает нулевому расстоянию или бесконечно большому импульсу, так что $\alpha_0=e_0{}^2/4\pi=\bar{\alpha}(\infty,\alpha)$. Это соотношение записывают также в виде

$$\alpha_i = Z_i\alpha_0.$$

Константа Z_i показывает, в какое число раз меняется α при переходе от бесконечно большого импульса к конечному значению $/Q/=\mu_i$. Она называется константой перенормировки заряда и реализует процедуру устранения ультрафиолетовых бесконечностей. К сожалению, выписанное соотношение в современной квантовой теории поля чисто формально из-за обращения константы Z в бесконечность.

Существование особой непрерывной группы преобразований в перенормированной, то есть «освобожденной» от ультрафиолетовых расходимостей, квантовой теории поля было впервые установлено в 1953 г. швейцарскими учеными Е. Штюкельбергом *(Stueckelberg)* и А. Петерманом *(Petermann)*. В последующих работах 1954 и 1955 гг. М. Гелл-Манн *(Gell-Mann)* и Ф. Лоу *(Low)*; Н. Н. Боголюбов и Д. В. Ширков эти

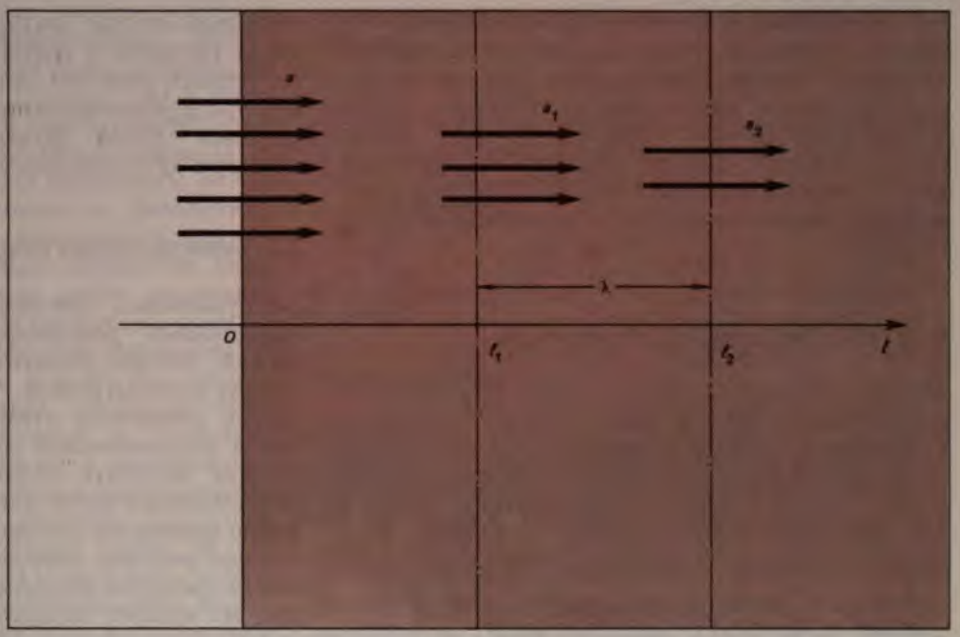


Рис. 5. Картина переноса излучения из пустоты (слева) в полупространство, заполненное веществом (плоская задача переноса излучения)

преобразования, названные ренормгрупповыми, были сформулированы в явном виде на языке функциональных уравнений.

5. Ренормгруппа в теории переноса

Оставим на время теоретические глубины физики микромира и попытаемся понять суть ренормгрупповых преобразований и закона композиции на примере более простой физической ситуации.

С этой целью обратимся к так называемой плоской задаче переноса излучения (см. рис. 5). Представим себе, что правая половина пространства, ограниченная вертикальной плоскостью, заполнена однородным веществом, а слева от границы — пустота. Пусть из пустоты на границу раздела падает заданный поток частиц (фотонов, нейтронов и т. п.), характеризуемый их числом a. Проследим теперь за частицами, движущимися слева направо в глубь среды. Обозначим через a_1 и a_2 число таких частиц на расстояниях соответственно l_1 и $l_2=l_1+\lambda$ от границы раздела с пустотой. В силу однородности среды число частиц на расстоянии l от границы с пустотой должно однозначно определяться значением потока на границе (a) и расстоянием до нее (l) , то есть описываться некоторой функцией $A\ (l,\ a)$. Соответственно $a_1 = A\ (l_1,\ a)$ и $a_2 = A\ (l_2,\ a)$. Однако величину a_2 можно представить и в другом виде. В самом деле, можно вообразить, что на расстоянии $l=l_1$ расположена граница раздела. Мы знаем поток на этой воображаемой границе a_1, знаем и расстояние до нее λ. (В этом рассуждении совершенно несущественно, что за воображаемой границей есть на самом деле вещество.) Функция $a=A\ (\lambda,\ a_1)$ выступает просто как число частиц на расстоянии λ от того места, где их число равно a_1. Комбинируя два разных определения a_2 и используя представление для a_1 через функцию A, получим функциональное уравнение

$$A(l + \lambda, a) = A(\lambda, A(l, a)).$$

Заметим, что природа падающих частиц (нейтроны, фотоны) и свойства среди (поглотитель, размножитель, нелинейный рассеиватель и т. д.) в нашей постановке задачи роли не играют. Решая задачу переноса в обычном подходе с помощью интегродифференциального кинетического уравнения, мы в каждом таком конкретном случае получим явный вид функции $A\ (l,\ a)$ (хотя, как правило, решение будет найдено не точно, а приближенно). Однако точное решение задачи всегда будет удовлетворять полученному функциональному уравнению, которое подобно закону композиции также имеет групповую природу. Очевидно, что это связано с групповым характером преобразований перехода от произвольной точки 1 внутри среды к другой точке $l+\lambda$:

$$T(\lambda) = \left\{ l \to l + \lambda,\ a \to A(\lambda, a) \right\} .$$

Более того, с формальной точки зрения преобразования T_t и $T\ (\lambda)$ и функциональные уравнения для α и A полностью эквивалентны, поскольку переходят друг в друга при отождествлении переменных и функций:

$$l = \ln t,\ \lambda = \ln \tau,\ a = \alpha,\ A(\ln t,\ \alpha) = \bar{\alpha}(t,\ \alpha).$$

Оказывается, что подобные уравнения можно получить для широкого класса разнообразных задач из механики, гидродинамики, теории турбулентности плазмы, теории крити-

ческих явлений и других разделов физики. Мы видим, что ренормгрупповые преобразования из квантовой теории поля — лишь частный случай весьма общего класса преобразований, характерных для многих областей физики. Такие преобразования уместно называть преобразованиями функционального подобия, или функциональной автомодельности (к этому мы еще вернемся).

6. Функциональная автомодельность

Термин «автомодельный» (то есть подобный сам себе) используется в задачах гидродиинамики и газовой механики применительно к преобразованиям аргументов x_i (координат, скоростей, времени,...) и функций f_k, описывающих физические характеристики движения (плотность, температуру, давление) следующего вида:

$$x_i \to x_i' = t^{\alpha_i} x_i,\ f_k(x) \to f_k'(x') = t^{\beta_k} f(x),$$

причем каждая из величин x_i, f_k преобразуется пропорционально, то есть подобно самой себе, с коэффициентом, являющимся степенью параметра преобразования t. Такие преобразования, называемые также преобразованиями степенного подобия, зависят от одного непрерывного параметра t.

Практическое значение преобразований такого вида заключается, например, в том, что даже в отсутствие точных решений они позволяют выполнить физическое моделирование и с помощью уменьшенных моделей определить на опыте существенные черты истинного решения, например характер той или иной сингулярности (особенности).

Для того чтобы установить соответствие между этой, обычной, автомодельностью и вновь установленной функциональной, следует обратиться к решениям выведеиных выше (в разделе 4) функциональных уравнений. Их общие решения известны — они были получены в середине 50-х годов Л. В. Овсянниковым в рамках квантовополевой ренормгруппы. Эти решения содержат произвольные функции, и здесь мы их приводить не станем. Ограничимся лишь теми, которые линейны по второму аргументу, то есть решениями вида $\bar{\alpha}(t, \alpha) = \alpha f(t)$. Подставляя такое выражение в закон композиции для α, нетрудно получить уравнение для новой функции $f(t)$: $f(t) f(\tau) = f(t\tau)$. Общее решение этого уравнения является произвольной степенью аргумента: $f(t) = t^k$. Таким образом, в линейном случае решение функционального уравнения для $\bar{\alpha}$ имеет вид $\bar{\alpha}(t, \alpha) = \alpha t^k$, где k — произвольное число. Используя это решение в преобразовании, $\alpha \to \alpha(t, \alpha)$, нетрудно убедиться, что и все преобразование T_t принимает вид преобразования степенного подобия. Иными словами, в частном, линейном случае функциональная автомодельность сводится к рассмотренному выше закону степенного подобия. Можно утверждать поэтому, что функциональная автомодельность представляет собой функциональное обобщение обычной автомодельности.

7. Сущность метода ренормгруппы

Вооружившись основными понятиями и представлениями ренормгруппового подхода, мы можем теперь обратиться непосредственно к методу ренормгруппы. Чтобы объяснить, какие задачи решаются этим методом, подчеркнем, что в теоретической физике, как правило, не удается получать точные решения уравнений, описывающих более или менее сложные модели. Такие уравнения, особенно в квантовых задачах, обычно решают последовательными приближениями, разлагая искомое решение в ряд по подходящему малому параметру. В квантовой теории поля таким параметром является константа связи или ее квадрат — выражение типа постоянной тонкой структуры α в КЭД, определяющее интенсивность взаимодействия квантовых полей. Приближенные решения представляют собой небольшое число последовательных членов ряда теории возмущений и в некоторых случаях могут существенно отличаться от точных решений. Такая ситуация обычно возникает в тех случаях, когда решение или его производная обращается в нуль или бесконечность.

Если взять задачи, которым присуще свойство функциональной автомодельности, то соответствующие точные решения в общем случае и в окрестностях сингулярности, в частности, должны удовлетворять полученным выше функциональным уравнениям. Однако приближенные решения теорин возмущений, как правило, этим свойством не обладают.

Метод ренормгруппы «улучшает» решения теории возмущений. С одной стороны, новое ренормгрупновое решенне удовлетворяет условию функциональной автомодельности — оказывается точным решением соответствующих функциональных уравнений. С другой стороны, при разложении этого решения в ряд по константе связи полностью воспроизводится исходное приближение из теории возмущений, само по себе не удовлетворявшее условию функциональной автомодельности.

Решается эта задача с помощью групповых дифференциальных уравнений, соответствующих функциональным. Такие дифференциальные уравнения можно получить, полагая в уравнении $\bar{\alpha}(f, \bar{\alpha}(\tau, \alpha)) = \bar{\alpha}(f\tau, \alpha)$ параметр τ бесконечно близким к единице, то есть дифференцируя это уравнение по τ в окрестности значения $\tau = 1$. Эт[illegible] можным бы[illegible] непре-

рывной природе параметров ренормгрупповых преобразований. Такие непрерывные группы были изучены около столетия назад норвежским математиком Софусом Ли *(Sophus Lie)* и носят его имя. Соответствующие дифференциальные уравнения называют обычно уравнениями Ли.

Метод ренормгруппы был предложен, разработан и эффективно применен к физическим задачам определения так называемых ультрафиолетовых и инфракрасных асимптотик квантовой теории поля в цикле работ академика Н. Н. Боголюбова и автора настоящей статьи в 1955 г. Существенный вклад в формулировку и применение ренормгруппы в КЭД был сделан академиком А. А. Логуновым. Чтобы не загромождать изложение формулами и сложными понятиями квантовой теории поля, мы проиллюстрируем эффективность метода ренормгруппы на примере той же задачи о переносе излучения.

Известное положение теории групп Ли гласит, что непрерывная группа может быть полностью охарактеризована преобразованием, бесконечно близким к единичному (т. е. к тождественному). Применительно к плоской задаче переноса излучения это означает, что достаточно знать поведение функции в окрестностях границы с пустотой (на языке математики — производную по l в точке $l=0$). Рассмотрим два конкретных случая.

Пусть в среде происходит поглощение частиц, пропорциональное их числу, причем для $l \ll 1$ известно приближенное решение из теории возмущений (ТВ):

$$A_{\text{ТВ}}(l, a) \simeq a - \nu a l,$$

здесь a — число частиц, падающих на границу раздела среды (постановку задачи см. в разделе 5), $a\nu$ — коэффициент поглощения.

Метод ренормгруппы (РГ), основанный на решении уравнений Ли, в которые заложено это приближение, дает тогда «улучшенное» решение

$$A_{\text{РГ}}(l, a) = a \exp(-\nu l).$$

Это выражение справедливо во всем полупространстве, заполненном средой, вплоть до бесконечно больших значений l. Эффективность ренормгруппового подхода выразилась в том, что, использовав информацию о поведении решения в малой окрестности границы раздела, мы получили для него явное выражение на всем интервале $0 \leqslant l \leqslant \infty$.

Предположим теперь, что механизм поглощения связан только с нелинейными эффектами и коэффициент поглощения пропорционален потоку частиц, достигающих данного участка среды. Физически это может означать, что в результате соударения с частицей потока атом переходит в некоторое возбужденное находясь в котором он способен тую частицу потока в случае повторного взаимодействия. Тогда в окрестности границы

$$A_{\text{ТВ}}(l, a) \simeq a - \beta a^2 l,$$

где теория возмущений дает нам значения числа β (т. е. коэффициента поглощения βa). В этом случае метод ренормгруппы приводит к следующему решению:

$$A_{\text{РГ}}(l, a) = \frac{a}{1 + \beta a l}.$$

Полученный результат, подобно предыдущему, справедлив во всем полубесконечном объеме среды и, в частности, описывает поведение проникающего потока при $l \to \infty$.

Следует заметить, что этн формулы в теории переноса излучения могут быть получены и другими способами, например решением кинетического уравнения. Однако описанный здесь метод, использующий групповые дифференциальные уравнения, самый простой. Более того, в ряде важных случаев он оказывается единственно возможным: с его помощью удается получить результаты, недостижимые каким-либо иным путем.

Именно так обстоит дело в наиболее популярных областях применения метода ренормгруппы: квантовой теории поля и теории фазовых переходов. Здесь этим методом изучают физические ситуации, которым отвечают те или иные сингулярности (особенности) решений уравнений с бесконечным числом степеней свободы, например, логарифмические или степенные. В подобных случаях обычный метод теории возмущений, то есть степенное разложение решений по малому параметру, либо не содержит сингулярности вообще, либо приводнт к сингулярностям, отличающимся от сингулярности точного решения.

Вспомним выражение для поглощения частиц в среде с нелинейными эффектами. На больших расстояниях это выражение убывает как $1/\beta l$. Но если вернуться к исходному выражению теории возмущений или разложить $A_{\text{РГ}}$ в степенной ряд по плотности числа частиц, то мы получим в каждом отдельном порядке растущие выражения *вида* l, l^2 и т. д., то есть теория возмущений искажает поведение при больших l.

Подобным образом обстоит дело и в КЭД. Например, при увеличении расстояния некоторые решения квантовополевых уравнений движения ведут себя пропорционально выражению $(x^2)^{\nu}$, где $\nu = 3\alpha/4\pi$, а x^2 — квадрат четырехмерного расстояния. Эту особенность решения (ее называют инфракрасной) можно представить в виде экспоненциальной функции и разложить в степенной ряд по постоянной тонкой структуры α:

$$(x^2)^{\nu} = \exp\left[\frac{3\alpha}{4\pi} \ln(x^2)\right] \simeq 1 + \frac{3\alpha}{4\pi} \ln(x^2) + \frac{9\alpha^2}{32\pi^2} \ln^2(x^2) + \ldots$$

Из этого разложения видно, что вместо степенной особенности в отдельных членах теории возмущений появляются логарифмические. Поэтому можно утверждать, что эффективность метода ренормгруппы обусловлена тем, что он восстанавливает истинную, находящуюся в соответствии с функциональной автомодельностью структуру сингулярности решения, которая искажена в теории возмущений.

8. «Слабость» сильных взаимодействий

Наиболее важный результат квантовой теории поля, полученный с помощью метода ренормгруппы, — это феномен асимптотической свободы в теории сильных взаимодействий. Для его объяснения вернемся к понятию эффективного заряда или эффективной константы связи. В разделе 3 мы установили, что однопетлевая диаграмма, изображенная на рис. 2, б, дает логарифмический вклад в эффективный заряд электрона. В импульсном представлении соответствующая формула теории возмущения имеет вид

$$\bar{\alpha}_{\text{ТВ}}(x, \alpha) = \alpha - \frac{\alpha^2}{3\pi} \ln x + \ldots, \quad x = Q^2/\mu^2.$$

С точностью до числового коэффициента и логарифмической замены переменных она совпадает с формулой проникающего в среду потока в нелинейном случае. Использование метода ренормгруппы, как и ранее, приводит нас к геометрической прогрессии:

$$\bar{\alpha}_{\text{РГ}}(x, \alpha) = \frac{\alpha}{1 - (\alpha/3\pi)\ln x}.$$

Следует отметить, что последняя формула, которую можно назвать формулой вакуумной экранировки, фактически суммирует бесконечную последовательность логарифмических вкладов вида $\alpha^{n+1}(\ln x)^n$, отвечающих последовательности однопетлевых диаграмм 2 б, начало которой изображено на рис. 2 в.

Качественное поведение эффективного заряда, соответствующее этой формуле, приведено на рис. 6. Обсуждаемая формула вакуумной экранировки электрического заряда была получена в середине 50-х годов. Ввиду численной малости коэффициента при логарифме в знаменателе она долгое время не имела какого-либо практического значения. Однако в последние годы положение изменилось. В ходе экспериментов по обнаружению промежуточных векторных бозонов $W\pm$ и Z^0 удалось достичь расстояний порядка 10^{-16} см. На таких расстояниях эффективная постоянная тонкой структуры возрастает примерно на 7% и оказывается равной $\bar{\alpha}(10^{-16}\text{ см}) \simeq 1/128$. Этот результат можно получить с помощью формулы вакуумной экранировки, в которой наряду с эффектами виртуальных электрон-позитронных пар учитываются и вклады виртуальных процессов с другими заряженными частицами, мюонами и кварками. Учет этих вкладов изменит численный коэффициент при логарифме в знаменателе. Достигнутая сейчас экспериментальная точность еще не позволяет непосредственно заметить эффекты вакуумной экранировки электрического заряда. Тем не менее недавно показано (Д. Ю. Бардин, ОИЯИ, Дубна), что точность экспериментов, которые предполагается осуществить в ближайшее время, окажется достаточной для наблюдения таких эффектов.

Аналогичные формулы, получаемые с помощью ренормгруппы, справедливы и в других квантовополевых моделях. В начале 70-х годов в физике микрочастиц появилась новая квантовополевая теория сильных взаимодействий — квантовая хромодинамика (КХД)*. По своей общей структуре КХД близка к КЭД. Она также содержит два типа квантовых полей — поля частиц с полуцелым спином (кварков) и поле частиц со спином единица (глюонов), переносящих взаимодействия между кварками. Интенсивность взаимодействия в КХД описывается константой связи g, безразмерный квадрат которой $\alpha_s = g^2/4\pi\hbar c$ оказывается аналогом постоянной тонкой структуры в КЭД (индекс $_s$ происходит от английского слова *«strong»* — сильный).

Эффективный заряд КХД α_c вводится на основе ренормгрупповых представлений, а его конкретное вычисление проводится по описанной выше схеме, то есть по теории возмущений, улучшенной с помощью метода ренормгруппы. Такие вычисления, выполненные в 1973 г. американскими теоретиками Д. Гроссом *(Gross)*, Ф. Вильчеком *(Wilczek)* и Д. Политцером *(Politzer)*, обнаружили замечательное свойство эффективного заряда сильных взаимодействий $\alpha_s = (r)$. При уменьшении расстояния r эффективный заряд $\bar{\alpha}_s$ также уменьшается и в пределе $r \to 0$ обращается в нуль обратно пропорционально $\ln(1/r)$. Такое явление «самовыключения» взаимодействия на малых расстояниях было названо асимптотической свободой.

Доказанное теоретически, явление асимптотической свободы позволило качественно понять так называемую партонную картину строения нуклонов на малых расстояниях. Обнаруженная в экспериментах конца 60-х годов, эта картина сводится к тому, что на малых расстояниях порядка 10^{-14} см и менее протон «выглядит» как рыхлая структура, содержащая массивные точечные составляющие, названные партонами.

* Подробнее о работах по квантовой электродинамике и квантовой хромодинамике см. статьи в ежегоднике «Наука и человечество»: Арбузов Б. А., Логунов А. А., Частицы и силы: поиски единства (1979); Матвеев В. А., Мурадян Р. М., Тавхелидзе А. Н. На пути к раскрытию структуры элементарных частиц (1980); Логунов А. А. Ступени большой науки (1982) и Лаппус К. Глюоны — переносчики ядерных сил (1984). — *Ред.*

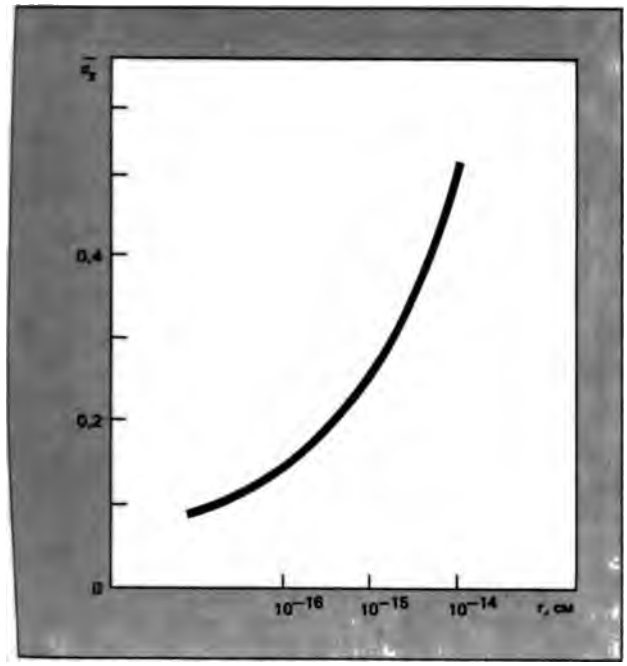


Рис. 6. Качественное поведение эффективного заряда квантовой хромодинамики $\bar{\alpha}_s$ как функции расстояния r при $r \lesssim 10^{-14}$ см

(Сейчас мы знаем, что партоны — это кварки и глюоны). На больших расстояниях партоны не проявляются, и протон можно представить как протяженный объект размером 10^{-13} см с непрерывным распределением вещества.

Именно эта картина следует из ренормгрупповой формулы асимптотической свободы. Она объясняет быстрое уменьшение эффективного заряда от значений порядка единицы при $r \approx 10^{-13} - 10^{-14}$ см до значений порядка $^1/_5$ при $r \approx 10^{-15} - 10^{-16}$ см. В свое время этот результат был решающим физическим соображением в пользу квантовой хромодинамики как квантово-полевой модели сильных взаимодействий.

9. Великое объединение взаимодействий

Асимптотическая свобода послужила отправной точкой и для другой смелой гипотезы — Великого объединения взаимодействий. Согласно этой гипотезе, при сверхвысоких энергиях природа отличается высокой степенью симметрии, когда практически исчезает разница между различными типами элементарных частиц. При таких энергиях (или, что то же, на сверхмалых расстояниях) частицы связаны единым взаимодействием. При меньших энергиях степень симметрии в организации ма[illegible] а

[illegible]

ваем их фундаментальными взаимодействиями — сильным, электромагнитным и слабым.

Если говорить более точно, то в основе идеи Великого объединения лежат два результата, полученных методом ренормгруппы:

1) формула вакуумной экранировки КЭД для возрастающего при $r \to 0$ эффективного заряда КЭД, надлежащим образом учитывающая эффекты поляризации электромагнитного вакуума за счет виртуального рождения пар различных заряженных частиц;

2) формула асимптотической свободы для убывающего при $r \to 0$ эффективного заряда КХД.

Модели Великого объединения исходят из смелой экстраполяции этих результатов от расстояний порядка $10^{-14} - 10^{-16}$ см, доступных современному эксперименту, до значительно меньших расстояний порядка $10^{-28} - 10^{-29}$ см. При переходе к таким расстояниям в силу асимптотической свободы сильные взаимодействия ослабевают настолько, что сравниваются по интенсивности со слегка «подросшим» электромагнитным взаимодействием. Приравнивая эффективные заряды КЭД и КХД, мы и находим, что это может произойти на пространственных масштабах $r_* \simeq 10^{-29}$ см (см. рис. 7). Конечно, этот факт может ничего и не означать: если идея Великого объединения не соответствует реальности, то за формулами вакуумной экранировки КЭД и асимптотической свободы КХД стоит совершенно разная физика. Тогда эффективные заряды КЭД и КХД случайным образом совпадут в некоторой точке r_*, а при еще меньших расстояниях снова будет различаться.

Гипотеза же Великого объединения исходит из того, что такое совпадение не случайно и что в области $r < r_*$ механизмы сильного и электромагнитного взаимодействий (а также и слабого взаимодействия, от которого мы отвлекаемся в целях простоты изложения) существенно меняются. Они теряют свою индивидуальность, становясь лишь частью единого взаимодействия с константой связи порядка 1/40 (рис. 8).

СТО ЛЕТ НАЗАД

Американский физик А. Майкельсон (впоследствии лауреат Нобелевской премии, президент Национальной Академии наук, иностранный член-корреспондент и почетный член Академии наук СССР) осуществил совместно с американским физиком Э. Морли опыт по обнаружению «эфирного ветра» — влияния движения Земли на скорость света. С высокой точностью было показано, что скорость света одинакова, независимо от того, распространяется ли свет по направлению орбитального движения Земли или перпендикулярно ему. Этот отрицательный результат — [illegible]тствие «эфирного ветра» — значительно способство[illegible]нанию теории относительности.

Механизм объединения взаимодействий основан на предположении о существовании сверхтяжелых частиц с массами m_*, определяемыми расстоянием r_* по известному квантовомеханическому соотношению $m_* = \hbar/cr_* \simeq 10^{14}$ ГэВ/c^2. Эти гипотетические частицы, лептокварки, дополняют семейство векторных частиц — фотонов, глюонов, W^- и Z^0-бозонов, переносящих взаимодействия. Если лептокварки существуют, то на расстояниях $r \leq r_*$ должны быть разрешены переходы между кварками и лептонами, их взаимные превращения. Появляется возможность распада протона на легкие частицы, например распад $p \to e^+ + \pi^0$. При обычных энергиях вероятность взаимных превращений кварков и лептонов очень мала, так что протон — практически стабильная частица. Модели Великого объединения позволяют оценить возможное время полураспада для протона, которое оказывается порядка $10^{31} - 10^{32}$ лет. Наблюдение столь редких событий находится на пределе современных экспериментальных возможностей. Каких-либо убедительных свидетельств в пользу существования таких распадов пока нет. Возможно, модели Великого объединения слишком примитивно трактуют в принципе привлекательную идею единства сил в природе.

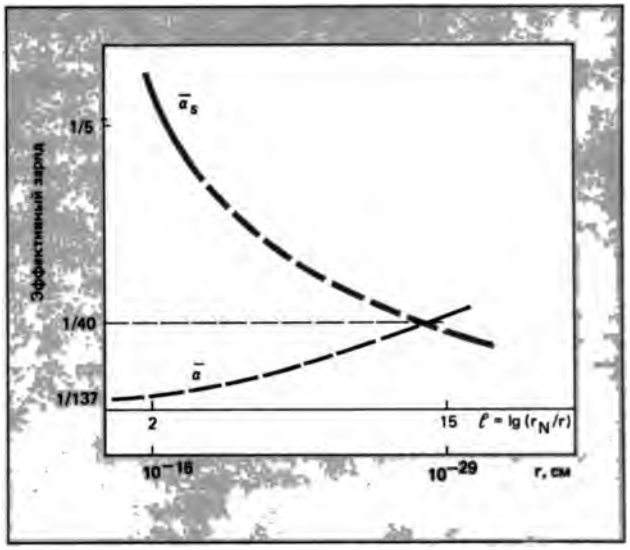


Рис. 7. Возможное качественное поведение эффективного заряда квантовой хромодинамики $\bar{\alpha}_s$ и эффективного заряда квантовой электродинамики $\bar{\alpha}$ на расстояниях, много меньших 10^{-14} см. Наличие точки пересечения экстраполированных кривых при $r \simeq 10^{-29}$ см послужило отправным моментом гипотезы Великого объединения

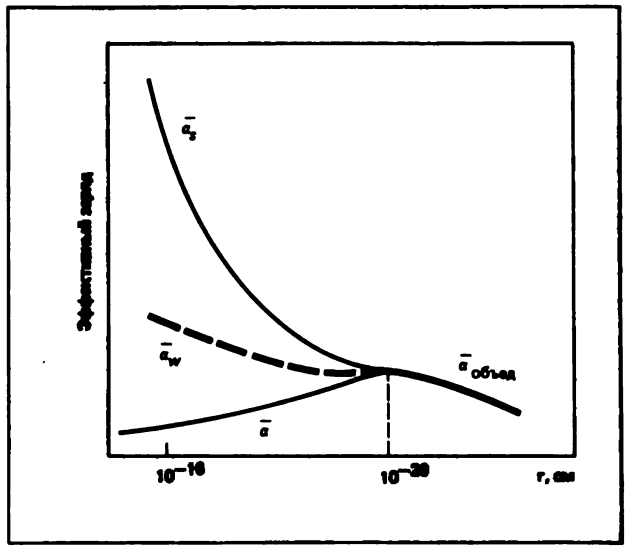


Рис. 8. Гипотетическая картина объединения трех взаимодействий — сильного (с эффективным зарядом $\bar{\alpha}_s$), электромагнитного ($\bar{\alpha}$) и слабого ($\bar{\alpha}_w$) — на расстояниях $r \sim 10^{-29}$ см и меньших

10. Другие области применения

Как уже упоминалось, метод ренормгруппы в течение последних полутора десятилетий успешно распространился из теории микрочастиц в ряд других, далеких как от квантовой теории поля, так и друг от друга по физическому содержанию областей. Общая причина этого успешного проникновения метода ренормгруппы теперь может быть объяснена довольно просто.

Заметим прежде всего, что законы степенного подобия, являющиеся, как было показано, частным случаем функциональной автомодельности, широко распространены в различных областях физики. Это обстоятельство легко понять, так как степенная автомодельность тесно связана с теорией размерности и подобия, широко используемой в задачах гидромеханики, газовой динамики и некоторых других областях. Объяснимо это общностью используемого математического приема.

Аналогично обстоит дело и с функциональной автомодельностью, составляющей основу ренормализационной группы. Это свойство оказывается весьма общим и присущим широкому классу физических систем, как динамических, так и статических. Здесь все сводится к существованию пары величин x и g, для которых можно ввести преобразование функциональной автомодельности.

Например, в теории критических явлений эта пара состоит из величины $\tau = T - T_{кр}$, представляющей отличие температуры T от критической, и корреляционной длины. При рассмотрении слабой ударной волны, имеющей треугольный профиль, пара образуется координатой волнового максимума x и его амплитудой A. В физике полимеров пару составляют число N звеньев молекулы и радиус R клубка, в который эта молекула сворачивается.

Одну из самых простых систем этого класса представляет изогнутый гибкий однородный

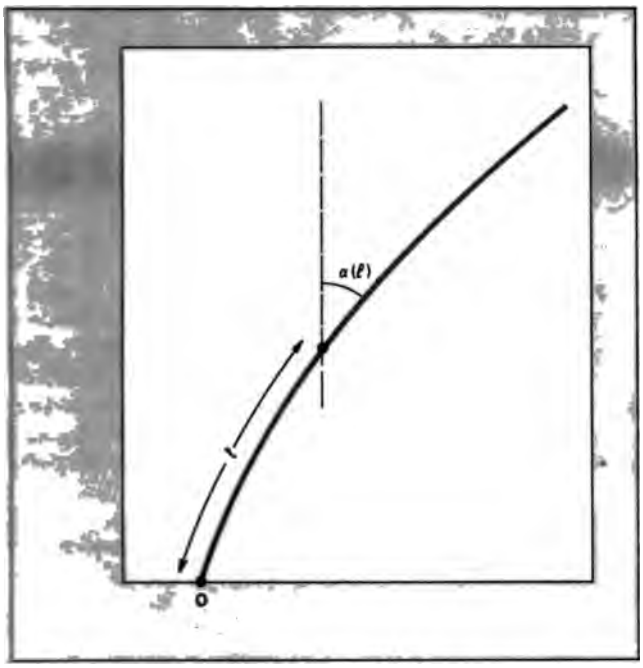


Рис. 9. Одна из самых простых систем, для которых можно ввести преобразование функциональной автомодельности: пару составляет угол α *(l)* и расстояние *l*

прут с закрепленным концом, находящийся в однородном поле сил, например, в поле вертикально действующей силы тяжести или испытывающий боковое давление однородного потока жидкости или газа (см. рис. 9). Здесь пару составляет угол $\alpha(l)$ между вертикалью и касательной к пруту в какой-либо его точке и расстояние l этой точки от места закрепления O. Этот перечень легко продолжить.

Для всех этих и других подобных задач наличие функциональной автомодельности позволяет провести анализ путем использования групповых свойств, записанных в виде дифференциальных ренормгрупповых уравнений, имеющих, как правило, нелинейный характер. Исследование таких уравнений или их систем составляет предмет раздела математики, называемого качественной теорией дифференциальных уравнений. Даже в тех случаях, когда точное решение не может быть выражено в аналитическом виде, методы качественной теории позволяют проанализировать асимптотические свойства решений, которые, как правило, имеют степенной вид. В отличие от линейного случая, когда функциональная автомодельность сводится к законам степенного подобия, здесь имеются в виду степенные асимптотические режимы в окрестности так называемых фиксированных точек, представляющих собой устойчивые особые точки («точки стока») нелинейных задач. Уравнения ренормгруппы позволяют о[illegible]показатели этих степе-

Не вдаваясь в детали различных исследований, отметим, что все эти разнообразные применения, число которых все продолжает расти, используют основные формулы и идеологию, предложенную в упомянутых выше работах 1955 г.

Ник ХАДЖИЛИАДИС (Hadjiliadis) (р. 1941) — греческий химик, адъюнкт-профессор химии в Университете г. Иоаннина.
В 1966 окончил химический факультет Института физики и математики Афинского университета.
В 1972 на химическом факультете Университета Монреаля (Канада) получил степень магистра естественных наук, а в 1975 — доктора философии.
В 1975—1980 работал ассистентом профессора химии в Афинском университете, а также приват-доцентом по неорганической химии в Институте физики и математики того же университета.
С 1980 адъюнкт-профессор химии Университета г. Иоаннина (Греция). Преподает общую и неорганическую химию и занимается исследованиями в области неорганической и биоорганической химии.
В последние годы его научные интересы связаны со взаимодействием ионов переходных металлов, особенно платины (II), палладия (II), золота (I) и (III) и т. п., с молекулами, интересными с точки зрения биологии, например с нуклеозидами, аминокислотами, пептидами, витаминами. Изучает механизм действия противоопухолевых соединений платины (II), разрабатывает новые соединения платины (II) и других металлов с противоопухолевым действием.

Н. ХАДЖИЛИАДИС

Соединения платины в химиотерапии рака

Открытие противоопухолевой активности некоторых соединений платины означало новый этап в химиотерапии рака. Изучение их свойств поможет найти и другие еще более эффективные препараты

Проделанный Вёлером в 1828 г. синтез мочевины из неорганического соединения цианата аммония $NH_4OCN \rightarrow NH_2CONH_2$, положил конец мифу о «жизненной силе» (*vis vitalis*) — непонятной силе, с помощью которой живые организмы синтезируют органические соединения. Была установлена взаимосвязь между органическими и неорганическими соединениями и показана возможность получения органических продуктов из неорганических веществ и их обратного превращения.

Как известно, химия органических соединений и соединений, составляющих живые организмы, это в первую очередь химия соединений углерода; следующие по важности элементы — водород, кислород и азот. А для полноценной жизни человека важными можно считать всего 25 элементов, причем многие из них — металлы. В ряде случаев для нормального функционирования живые организмы используют эти металлы в микро- (или следовых) количествах.

Известны различные способы, которыми ионы металлов в живых клетках помогают протеканию или обусловливают жизненно необходимые биохимические процессы. Вероятно, простейшая функция ионов металлов как положительно заряженных частиц состоит в притяжении отрицательно заряженных центров других молекул, например белков. С помощью ионов металлов два или большее число фрагментов одной макромолекулы или несколько различных молекул могут удерживаться вместе. Таким образом образуются макромолекулы, например клеток костной или мышечной тканей. С другой стороны, в металлоферментах (т. е. белках, в состав которых входят комплексно-связанные ионы металлов) атом металла может быть прочно связан с определенным числом активных групп, например с остатками аминокислот, которые [illegible] лигандов. Если атом металла координационно ненасыщен- [illegible] ближаться другие небольш[illegible] происходят необходимые химические превращения. В подобных случаях присутствие металла в следовых количествах совершенно необходимо для функционирования данного фермента.

Кроме того, переходные металлы, например железо, медь, ванадий, марганец и молибден, обладающие переменной валентностью, способны участвовать во множестве необходимых для организма окислительно-восстановительных процессов. И наконец, некоторые ионы, скажем, щелочных металлов Na^+ и K^+ способны проникать через клеточные мембраны, причем возникающее различие концентраций этих ионов внутри и вне клетки может использоваться клеткой как источник энергии.

Таким образом, во многих случаях для нормального функционирования живых организмов необходимы или следовые, или большие количества металлов. В задачу данной статьи не входит рассмотрение всех возможных случаев. Следует только отметить, что концентрация ионов металлов больше или меньше оптимального уровня приводит к нарушению функций или даже к гибели живых клеток. Тяжелые же металлы вызывают отравление живых организмов.

Противоопухолевые свойства координационных соединений платины

Платина, даже в следовых количествах, не входит в число необходимых для живых организмов элементов. Напротив, как тяжелый металл она вызывает отравления: может токсически действовать на почки, быть причиной бронхиальной астмы, респираторных аллергий и некоторых хромосомных болезней. При концентрации в организме тетрахлороплатината (II)* калия (K_2PtCl_4) и гексахлороплатината (IV) калия (K_2PtCl_6) $1 \cdot 10^{-6}$ мкмоль/мл возникают одышка, слабость и воспалительные реакции. Ясно, что

* В скобках указана валентность платины. — Ред.

любой живой организм переносит только следовые количества платины, иначе возникают различные нарушения жизненных функций.

В 1964 г. Б. Розенберг (*Rosenberg*, США) с сотрудниками поставил опыт, в котором на культуру кишечной палочки *(E. coli)* воздействовали переменным током. Электроды были из платины, а в качестве источника азота среда содержала хлористый аммоний. Если ток был отключен, происходил нормальный прирост бактериальной культуры. При прохождении же тока через среду концентрация бактерий со временем уменьшалась, причем рост бактерий не замедлялся, а возникали сильно удлиненные, нитевидные формы кишечной палочки. Если после пропускания тока из сосуда с культурой кишечной палочки удаляли платиновые электроды, тот же самый эффект сохранялся. Эти данные позволили Розенбергу сделать вывод, что наблюдаемое явление обусловлено долгоживущими химическими соединениями, которые образуются при электролизе с платиновыми электродами; концентрация платины, переходящей в раствор, составляла примерно 10 частей на миллион. За два следующих года была установлена природа этих соединений; ими оказались цис-дихлородиамминплатина (II) и цис-тетрахлородиамминплатина (IV) (1,5 на рис. 1). Затем было показано, что соединения платины, в которых металл входил в состав **заряженного комплексного иона**, в растворах обладают потенциальными бактерицидными свойствами, а незаряженные комплексы (такие, как на рис. 1) подавляют клеточное деление, не ингибируя при этом роста бактериальной клетки, и вызывают образование филаментных (нитчатых) форм бактерий.

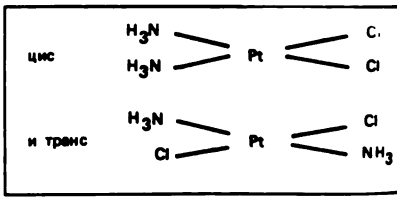
Подобное действие нейтральных комплексов на бактериальные клетки навело авторов на мысль использовать их для подавления быстрого деления раковых клеток. И в самом деле, оказалось, что комплекс цис-дихлородиамминплатина (II), который обычно называют цисплатиной (распространено также сокращение цис-DDP), и ряд его аналогов (некоторые из них приведены на рис. 1) полностью подавляют развитие плотной опухоли саркома-180 у лабораторных белых мышей при использовании их в нетоксических дозах, переносимых мышами.

Впоследствии было установлеио, что цис-DDP проявляет противоопухолевую активность и на перевиваемом лейкозе мышей L-1210. Кроме того, он способен инактивировать трансформацию ДНК и ДНК-содержащие вирусы, вызывать мутации и убивать мутантные кишечные палочки. Оказалось, что цис-DDP ингибирует синтез ДНК и связывается с ДНК, обладает бактериостатической и антиартритной активностью и другими свойствами. Хотя прямое действие препарата на ДНК установлено, однако окончательно не доказано, что противоопухолевые свойства цис-DDP обусловлены именно этим действием.

Координационными (комплексными) называются соединения, образованные за счет донорно-акцепторной связи. При этом один реагент — донор — отдает неподеленную пару электронов, а другой — акцептор — ее принимает. В образующемся комплексе различают: центральный ион (атом), играющий роль **центра координации**, и окружающие его молекулы или ионы — **лиганды**, входящие в состав координационной сферы центрального атома. В качестве лигандов могут выступать молекулы воды, аммиака, аминов, аминокислот, галогенид- и карбоксилат-ионы и др. Число лигандов в координационной сфере называется **координационным числом**. Оно зависит от заряда, радиуса, электронной структуры центрального иона и природы лигандов. Лиганды, имеющие один донорный атом и занимающие одно место в координационной сфере, называются **монодентатными** лигандами, два — **бидентатными** и т. д. Если координационная сфера центрального атома полностью заполнена лигандами, то такие комплексы **координационно насыщены**.

При недостатке лигандов образуются координационно-ненасыщенные реакционноспособные комплексные соединения, *стремящиеся* дополнить свою координационную сферу каким-либо лигандом.

Для двухвалентного иона Pt^{2+} характерно координационное число 4 и **плоско-квадратное окружение**. Поэтому, например, **заряженный комплексный катион** $(PtCl_4)^{2+}$ или $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$ координационно насыщен и содержит 4 монодентатно связанных лиганда. Координационно-насыщенным будет также комплекс платины с этилендиамином $[Pt(En)_2]^{2+}$, но в этом случае каждый лиганд занимает два места в координационной сфере, т. е. является бидентатным. Связывание бидентатных и полидентатных лигандов с центральным атомом сопровождается образованием особого рода замкнутых структур, циклов, поэтому комплексы с такой связью называют **циклическими** или **хелатными**. В зависимости от реакционной способности различают **инертные** и **лабильные** комплексы. В первых (к ним относятся координационно-насыщенные комплексы Pt(II) и Pt(IV) реакции замещения лигандов протекают медленно, а во вторых (например, в комплексах Pd(II) — быстро. Если в сфере Pt(II) находится не менее двух различных лигандов, возможно образование геометрических изомеров, например **цис-** и **транс-** $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$:



В цис-изомере одинаковые лиганды ра положены рядом, а в транс-изомере – напротив друг друга.

В изомерных комплексах реакции заме щения, в частности обмен ионов Cl^- н молекулу воды — **акватация**, протекаю с различной скоростью: транс-изоме акватируется значительно быстрее, че цис-изомер. В этом усматривают одну и причин различия в противоопухолево активности изомеров: более лабильны транс-изомер реагирует с различным биологическими лигандами в крови межклеточной жидкости, превращае при этом в неактивные соединения, а ци изомер успевает дойти в неизменено виде до клетки и только там вступает реакцию с ДНК, что и приводит к прот воопухолевому действию.

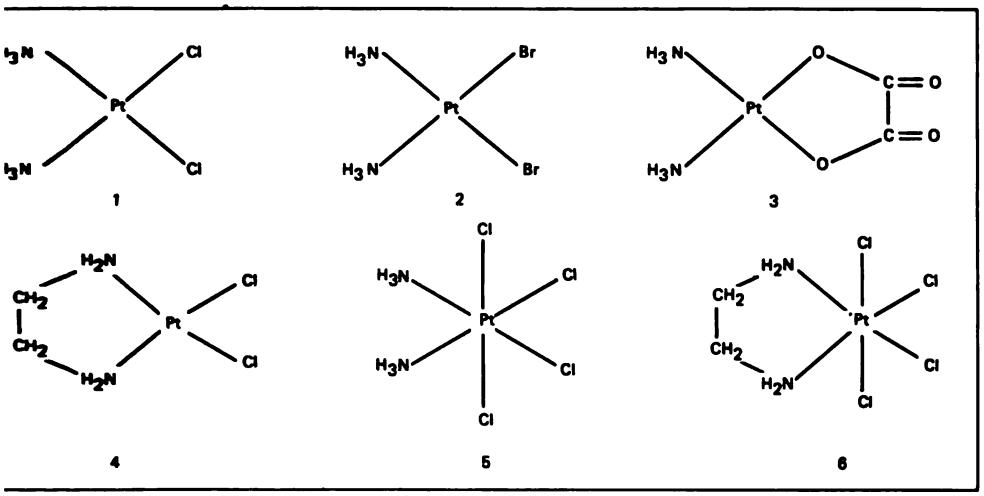


Рис.1. Первые противоопухолевые соединения платины (II) и платины (IV): 1 — цис-дихлородиамминплатина (II) — цис-DDP; 2 — цис-дибромодиамминплатина (II); 3 — оксалатодиамминплатина (II); 4 — дихлороэтилендиамминплатина (II); 5 — цис-тетрахлородиамминплатина (IV); 6 — тетрахлороэтилендиамминплатина (IV)

Сегодня известно, что цис-DDP проявляет активность при ряде опухолей человека как в виде единственного лекарства, так и в сочетании с другими веществами. С его помощью в некоторых случаях излечиваются опухоли яичек и яичника, головы, шеи, мочевого пузыря, предстательной железы, легких, шейки матки и др. В комбинированной химиотерапии это лекарство используется также в сочетании с известными препаратами — винбластином, блеомицином, адриамицином, метотрексатом и др. Много усилий было направлено на разработку других препаратов платины — аналогов цис-DDP с более высокой противоопухолевой активностью.

Розенберг сформулировал общие требования к структуре комплексов платины (II), которые должны обладать противоопухолевой активностью. Прежде всего комплексная частица должна быть электронейтральной (рис. 1), хотя активная форма может и приобрести заряд в результате реакций обмена лигандов в организме. При этом в комплексе должны присутствовать две монодендатные уходящие группы (например, ионы Cl^-, Br^- в соединениях 1, 2, 4 на рис.1) или одна бидендатная (оксалат-ион $C_2O_4^{2-}$ в соединении 3 на рис. 1) в цис-положении; соответствующие транс-изомеры неактивны.

Затем в активных комплексах быстрому замещению в реакциях с биомолекулами должны подвергаться не все, а только лабильные лиганды. Скорости обмена лигандов должны лежать в определенном оптимальном интервале. И наконец, в качестве необмениваемых лигандов в транс-положении к уходящим группам должны, как правило, выступать прочно связанные с платиной, сравнительно инертные к замещению амины.

Наряду с противоопухолевым цис-DDP оказывает побочное токсическое действие, возникают тошнота, рвота, почечная недостаточность, судороги, аллергические реакции, невропатия, поражается слуховой нерв, подавляется кроветворение. Повреждающее почки действие препарата удается уменьшить внутривенным введением значительных объемов жидкости с одновременным применением (или без него) мочегонных средств. Тошнота и рвота — лимитирующие факторы. Максимальная доза при однократном введении препарата человеку составляет ~ 120 мг на квадратный метр площади тела.

Открытие противоопухолевых свойств цис-DDP и его аналогов было настолько важно, что повлекло за собой обширные исследования. Их авторы стремились установить механизм действия этого препарата и разработать новые противоопухолевые комплексные соединения платины (II) или других металлов. Необходимо было провести клинические испытания препарата против различных типов опухолей, а также изучить и свести к минимуму побочные и токсические эффекты.

За последние годы появилось огромное число научных публикаций, посвященных этим проблемам. Большинство результатов было представлено на четырех международных конференциях, которые состоялись в 1971 г. в Мичигане, в 1973 г. в Оксфорде, в 1976 г. в Далласе и в 1983 г. в Вермонте, и отражено в сборниках трудов этих конференций.

Уже первые эксперименты свидетельствовали о том, что противоопухолевые свойства соединений платины (II) обусловлены главным образом первичным повреждением ДНК в процессе ее репликации (удвоения). Стало очевидно, что нужно исследовать взаимодействие комплексов платины (II) с самой ДНК или с ее компонентами. К важным с этой точки зрения соединениям в первую очередь можно отнести гетероциклические основания: аденин, гуанин, цитозин, тимин. Затем нуклеозиды, содержащие гетероциклическое основание и углеводный остаток: аденозин, гуанозин, цитидин, тимидин и подоб-

ные им лиганды, например иноэин, 6-меркаптоинозин, 6-меркаптогуанозии и т. п. Далее нуклеотиды, в состав которых входят нуклеозиды, соединенные эфирной связью с остатками фосфорной кислоты. Взаимодействие этих веществ с цис-DDP — вот круг проблем, ставших «вызовом» химику-неорганику.

Интересно было также исследовать аналогичные реакции с комплексами палладия (II), поскольку по химическому поведению палладий (II) напоминает платину (II), также образуя **плоско-квадратные** комплексы. Однако их **аквата**ция протекает значнтельно быстрее, чем у соответствующих соединений платины. Это обстоятельство особенно интересно, так как цис-DDP, как установлено, вступает в химические реакции лишь после своей акватации и превращения в комплекс цис-$[Pt(NH_3)_2(H_2O)_2]Cl_2$.

Задача данной статьи — рассказать о взаимодействии комплексов платины (II) и палладия (II) с некоторыми из нуклеозидов. Большая часть приводимых в статье результатов получена впервые в исследовательской группе автора. В дальнейшем предполагается продолжить эти исследования и провести рентгеноструктурный анализ выделенных соединений. Прежде чем обсуждать затронутые вопросы, которые будут трактоваться с позиции химика-неорганика, следует кое-что рассказать о химии платины.

Немного о химии платины

Платина наряду с рутением (Ru), родием (Rh), палладием (Pd), осмием (Os) и иридием (Ir) относится к так называемой платиновой группе элементов. Атомный номер платины 78, она стоит в третьем ряду переходных металлов. В настоящее время известны соединения, в которых степень окисления платины меняется от 0 до +6. Среди них наиболее обычны и устойчивы соединения со степенью окисления платины +2 и +4, причем из этих двух групп более устойчивы соединения платины (II).

Плоско-квадратная конфигурация комплексов платины впервые установлена в 1893 г. А. Вернером, (*Werner,* Швейцария), обнаружившим, что два известных комплекса формулы $Pt(NH_3)_2Cl_2$ геометрические изомеры: цис- и транс. Если бы комплексы имели не плоско-квадратное, а тетраэдрическое строение, то геометрическая изомерия была бы для них невозможна. Комплекс цис-$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ получен впервые в 1845 г. и по имени синтезировавшего его химика часто называется солью Пейроне.

Плоско-квадратные комплексы платины (II) термодинамически устойчивы: чем тяжелее донорные атомы, тем стабильнее комплексы. Их стабильность зависит также от природы донорных атомов лигандов и изменяется следующим образом:

$$F^- < Cl^- < Br^- < I^-; O << S \sim Se \sim Te;$$
$$N << P > As > Sb > Bi;$$

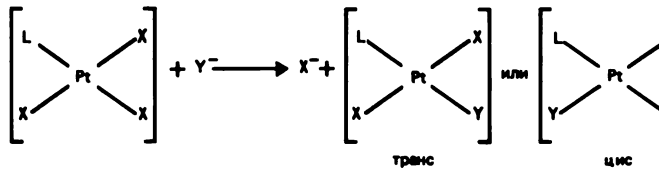
и, как правило, S~C>I>Br>Cl>N>O>F.

Плоско-квадратные комплексы платины (II) достаточно **инертны.** У соответствующих комплексов палладия реакции обмена лигандов протекают в 10^5 раз быстрее. Реакции обмена в плоско-квадратных комплексах протекают по двум путям. По одному лабильная группа, например галоген, первоначально замещается молекулой растворителя, после чего следует быстрый процесс замещения растворителя входящей группой с образованием конечного продукта. По второму пути лабильная группа комплекса непосредственно замещается на новый лиганд. В обоих случаях образуются промежуточные соединения и сохраняется стереохимия первоначального комплекса. Направление реакций замещения лигандов в растворах комплексов определяется транс-эффектом*.

Для примера рассмотрим реакцию:

$$[PtLX_3]^- + Y^- \rightarrow [PtLX_2Y]^- + X^-. \qquad (1)$$

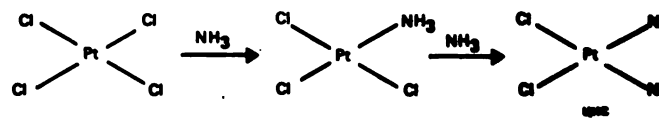
В принципе возможно образование двух геометрических изомеров — цис- и транс-:



Лиганды по способности направлять входящий лигаид Y в транс-положение к L можио расположить в следующий ряд:

$$H_2O < OH^- < NH_3 < Cl^- < Br^- < I^- \sim NO_2^- \sim$$
$$\sim PR_3 < < CO \sim C_2H_4 \sim CN^-$$

Этот ряд, известный как ряд трансвлияния, исключительно важен для планирования синтеза изомерных плоско-квадратных комплексов платины. Например, при синтезе цис- и транс-$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ следует учесть, что транс-эффект Cl^- больше траис-эффекта NH_3, поэтому для получения изомеров следует использовать разные пути:



* Впервые представления о взаимном влиянии транслигандов в комплексах платины (II), которое определяет направление реакций замещения, сформулировано известным советским химиком-неоргаником И. И. Черняевым в 1926 г. Подробнее см.: Кукушкин Ю.Н., Вегаков Р. И. Закономерность трансвлияния И. И. Наука, 1977. — *Прим. перев.*

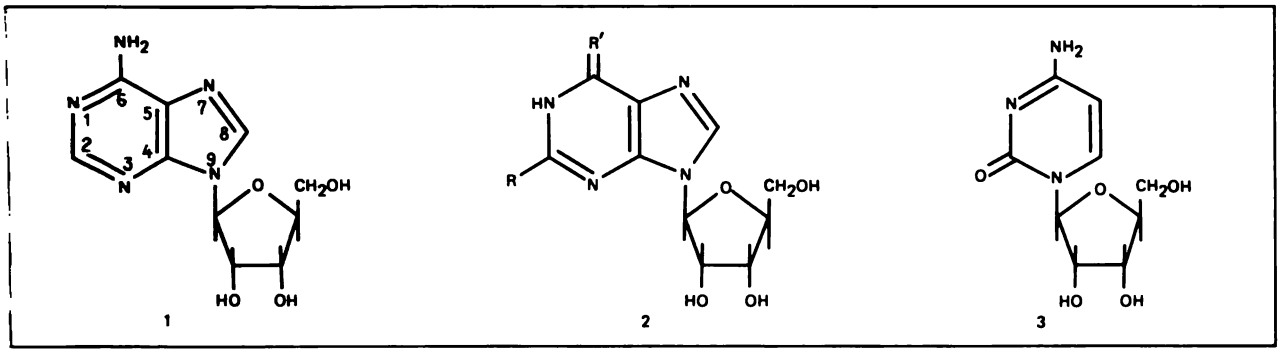
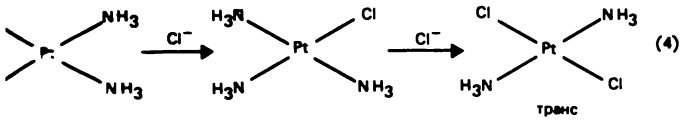


Рис. 2. Строение нуклеозидов, наиболее подробно изученных автором статьи и его сотрудниками:
1 — аденозин (Ado); 2 — инозин (Ino), если R′=O, R=H; гуанозин (Guo), если R′=O, R=NH_2; тиоинозин, если R′=S, R=H; тиогуанозин, если R′=S, R=NH_2; 3 — цитидин (Cyd)



(4)

транс

В реакции (3) после вхождения в комплекс первой молекулы NH_3 второй аммиак будет вступать в транс-положение к хлору или соответственно в цис-положение к первому аммиаку, а в реакции (4) входящий в комплекс ион Cl^- направляет второй ион хлора в транс-положение к себе, и в результате образуется транс-изомер.

Используя ряд трансвлияния, можно предсказывать направление реакций не только *in vitro*, но и *in vivo*.

По химическим свойствам оба изомера цис- и транс $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ весьма похожи друг на друга, хотя их реакции протекают с разными скоростями. Так, скорость акватации транс-изомера в 4 раза больше, чем цис-, а с аммиаком транс-изомер реагирует со скоростью в 30 раз большей, чем его цис-аналог.

Несмотря на сходство химического поведения цис- и транс- $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$, противоопухолевой активностью, как уже говорилось, обладает только цис-изомер, и скорее всего это связано с первичным повреждением ДНК в процессе ее репликации. Следовательно, механизм такого повреждения должен включать атаку ДНК молекулой цис-DDP, затем образование определенных химических связей и изменение свойств ДНК. Химику-неорганику, очевидно, интересно не только исследовать реакции ДНК, РНК и компонентов этих молекул с цис-DDP, чтобы понять, как работают платиновые препараты, но важно также решить задачи, всегда входившие в круг проблем неорганической химии, т. е. установить природу образующихся комплек
чить их реакционную способно
какими донорным

Прежде всего предстояло узнать, как взаимодействуют комплексы платины с нуклеозидами, содержащими несколько донорных атомов, способных образовать связи с металлом: эндо- и экзоциклические атомы азота, кислорода, а в серосодержащих (так называемых тиопроизводных) нуклеозидах также атом серы.

Комплексы платины с нуклеозидами

На рис. 2 представлены наиболее подробно изученные нами нуклеозиды.

При прямом взаимодействии солей $K_2[PtX_4]$ (X=Cl или Br) с аденозином (Ado) выделяется соединение с эмпирической формулой $Pt(Ado)_2X_2$. С помощью реакции Курнакова, которая позволяет определить положение лигандов, было показано, что комплекс имеет цис-строение. Этот факт свидетельствовал о том, что галогены обладают бóльшим трансэффектом, чем нуклеозиды. Комплекс изучался методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и инфракрасной спектроскопии (ИК-спектроскопии) с применением меченого дейтерием аденозина. Было установлено, что выделенный комплекс содержит две монодентатно координированные молекулы аденозина, связанные с платиной (II) через атом N^7 пуринового цикла (на рис. 2 атомы этого цикла пронумерованы от 1 до 9). Структура комплекса представлена на рис. 3. Поскольку реакция протекала в кислой среде, атом азота N^1 аденозина был протонирован и координация платины осуществлялась через атом N^7. Подобная координация наблюдалась и в комплексе с 9-метиладенином, в цвиттерионной* структуре которого протонирован атом N^1, а связь с металлом осуществляется через N^7 (рис. 3).

Аналогично аденозину в нейтральной водной среде реагирует с $K_2[PtX_4]$ инозин (Ino), при этом также образуются комплексы цис-$[Pt(Ino)_2X_2]$ с координацией через N^7.

* Цвиттер-ионы (биполярные ионы) — нейтраль-
ны, в которых противоположные заряды про-
делены. — *Ред.*

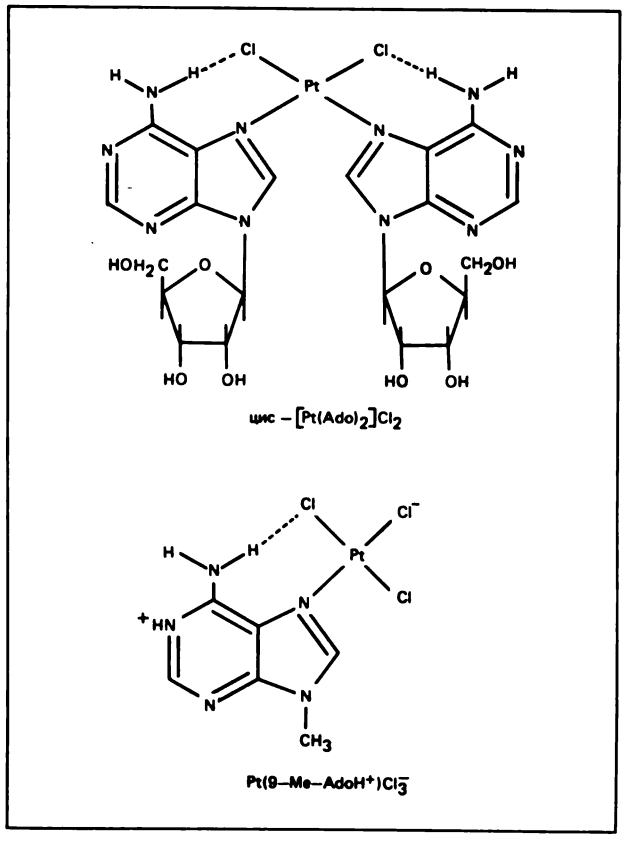


Рис. 3. Строение комплекса платины с аденозином (вверху) и с его производным 9-метиладенином (внизу)

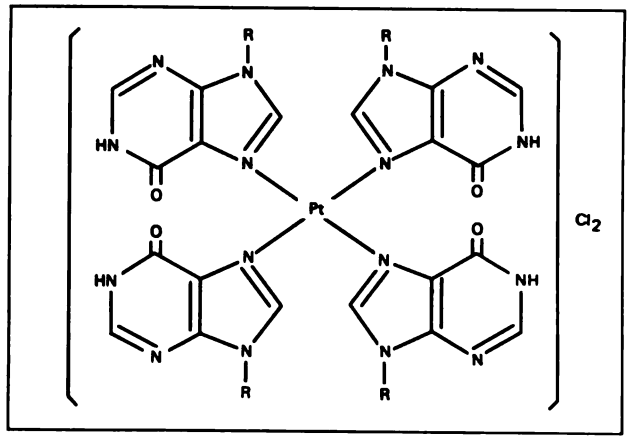


Рис. 4. Строение комплекса Pt с молекулами инозина

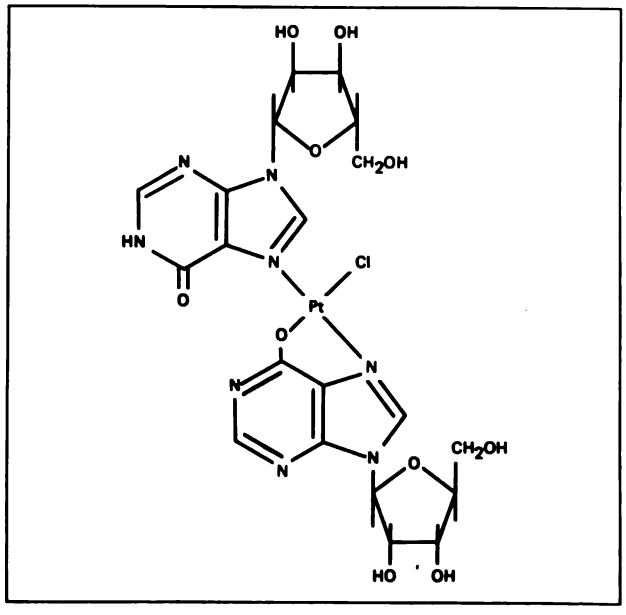


Рис. 5. Возможная структура комплекса Pt с анионом инозина

Выделены и другие содержащие ннозин комплексы, которые включают также цитидин и этилендиамин. В этих соединениях центральный атом Pt удалось окружить 4 молекулами нуклеозидов. Особенно интересен, по-видимому, комплекс с 4 молекулами инозина, который удалось получить, несмотря на пространственные трудности при координации таких больших молекул (рис. 4).

Если комплекс цис-$[Pt(Ino)_2Cl_2]$ оставить стоять в водном растворе при комнатной температуре на несколько дней, наблюдается повышение электропроводности раствора, увеличение его кислотности и выделяется осадок.

По-видимому, координация Pt через N^7 усиливает кислотные свойства имино-группы N^1H. Происходит депротонирование пуринового цикла и выделение комплексов с анионом инозина. Эмпирические формулы таких комплексов могут быть $[Pt(Ino)(Ino\text{-}H)]Cl$ и $[Pt(Ino\text{-}H)_2]$.

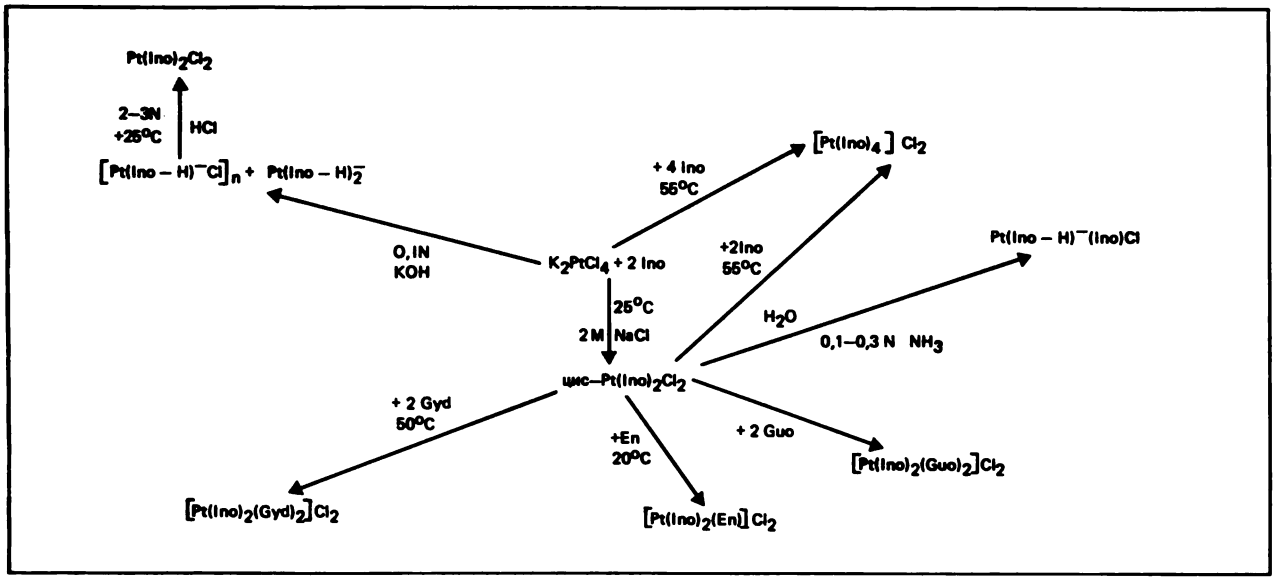
Спектральные данные позволяют предположить, что в таких соединениях возникает новый тип связи Pt с инозином, а именно **хелатная** (циклическая) связь с N^7 и O^{6*} атомами (рис. 5).

* O^6 означает, что этот атом стоит вне цикла при атоме углерода в шестом положении пуринового цикла (см. рис. 2). — *Ред.*

Образование такой связи следует учитывать при объяснении механизма противоопухолевого действия цис-DDP, поскольку хелат подобного рода возможен только для активного цис-изомера, а неактивный транс-изомер к такой связи не способен.

Однако замыкание хелатного цикла для комплексов пока не доказано окончательно. Нельзя исключить возможную полимерную структуру комплексов Pt с анионом инозина, в которых инозин играет роль мостикового лиганда, связывающего центральные атомы Pt через N^7 и депротонированный N^1 атом, или атом кислорода O^6.

Доказано, что из всех нуклеозидов наиболее склонен к связыванию с ДНК гуанозин (Guo).



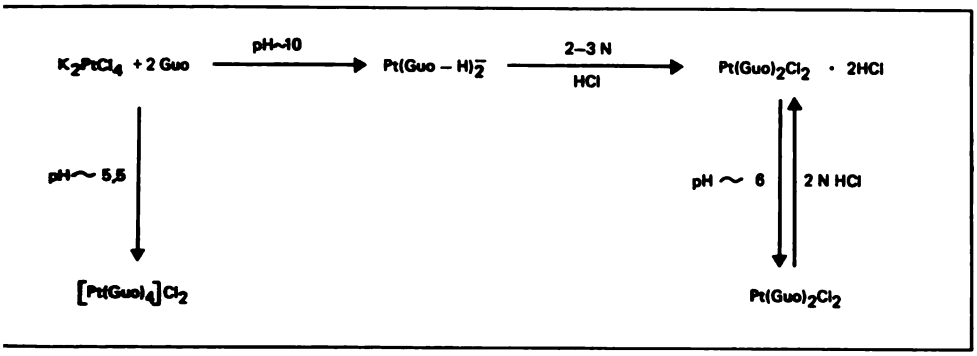


Рис. 6. Пути образования всех возможных комплексов платины с инозином. Здесь Ino — инозин, Guo — гуанозин, En — этилендиамин, Cyd — цитидин

Рис. 7. Комплексы платины с гуанозином. Обозначения те же, что на рис. 6

Получен комплекс четырех таких нуклеозидов с атомом платины $[Pt(Guo)_4]Cl_2$, для которого предложено строение, аналогичное структуре на рис. 4.

При взаимодействии $K_2[PtX_4]$ с гуанозином при pH~10 (что заведомо удаляет протон от атома N^1) выделен комплекс $Pt(Guo - H)_2$, строение которого подобно структуре на рис. 5. Реакции инозина и гуанозина суммированы на рис. 6 и 7.

Изучались также реакции тионпроизводных нуклеозидов — тиоинозина и тиогуанозина (рис. 2) — с $K_2[PtX_4]$ (X—Cl, Br).

В кислых и нейтральных водных растворах образуются два основных типа соединений, в которых отношение металл:лиганд либо 1:1, либо 1:2. Вывод о строении этих соединений и в этом случае был основан главным образом на результатах методов ЯМР- и ИК-спектроскопии. Для комплексов состава 1:1 ($PtL X_2$) выяснить вопрос об их структуре помогли также некоторые химические реакции.

Для комплексов состава 1:2 — $Pt(L—H)_2$ наиболее вероятна мономерная структура с хелатно связанными лигандами и транс-расположенными атомами серы, а комплексы $PtLX_2$ — скорее всего полимеры с цвиттер-ионной структурой, содержащие группу NH^+, связанную водородной связью с ионом хлора второй молекулы. Более подробно останавливаться на строении и свойствах тиопроизводных здесь, по-видимому, нецелесообразно.

Комплексы палладия с нуклеозидами

В водных растворах поведение палладия (II) напоминает поведение платины (II), однако, как уже было сказано, реакции комплексов палладия протекают в 10^5 раз быстрее. Предполагалось, что с помощью комплексов палладия (II) в экспериментальных условиях будет возможно моделировать поведение комплексов платины (II), поскольку палладий легко образует аквапроизводные, а цис-DDP, напомним, в живой клетке реагирует лишь после акватации. По этой причине взаимодействие палладия с нуклеозидами представляло большой интерес. Особенно важно было исследовать реакции комплексов палладия (II) с нуклеозидами, имеющими в 6-м положении карбонильную группу (типа инозина и гуанозина

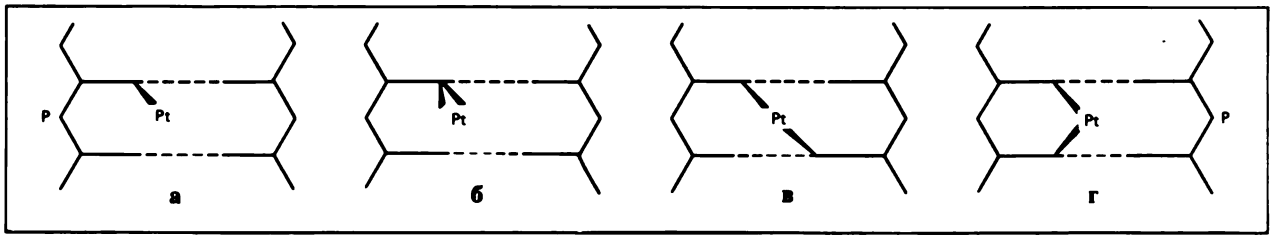


Рис. 8. Схема возможного взаимодействия соединений платины с ДНК:
а — **атака платиной (II) одного положения основания ДНК (например, гуанина);** *б* — **замыкание хелатного цикла через атомы N^7 и O^6 одного и того же основания гуанина;** *в* — **межнитевая сшивка двух оснований из комплементарных цепей ДНК;** *г* — **внутринитевая сшивка между основаниями одной и той же цепи ДНК**

на), с тем чтобы получить дополнительные данные о возможности замыкания хелатного цикла через N^7 и O^6.

В работах автора с сотрудниками выделено большое число комплексов палладия (II) с нуклеозидами (Nucl) — инозином и гуанозином и сделана попытка выяснить их строение. В случае палладия очень легко получить и выделить, в частности, соединения типа $Pd(Nucl-H)_2$, что объясняется в основном быстротой реакций комплексов этого металла. Исследование состояния карбонильной группы C=O в таких комплексах с помощью ИК-спектроскопии дает дополнительные сведения об участии атомов O^6 в образовании связи с металлом.

Совокупность же всех спектроскопических (ИК- и ЯМР-спектров) и химических данных позволила предположить, что в комплексах $Pd(Nucl-H)_2$ анион нуклеозида образует с центральным атомом палладия хелатную связь, замкнутую через атомы N^7 и O^6. С этим выводом согласуется и тот факт, что в соединениях состава $Pd(Nucl-H)_2$, полученных из геометрических изомеров цис- и транс-$[Pd(Nucl)_2Cl_2]$, должны сохраняться связи Pd—N^7, а также соответствующая геометрическая конфигурация. Полимерная структура таких соединений кажется менее вероятной. Можно сказать, что для Pd образование хелатной структуры доказано более убедительно, чем для Pt, хотя все же не было подтверждено прямыми рентгеноструктурными данными, поскольку не удавалось вырастить пригодные для исследований кристаллы хелатных комплексов. В принципе полученные результаты согласуются также и с полимерными структурами, в которых нуклеозиды связаны с металлом только через атомы N^7 и O^6.

Следует отметить, что благодаря бо́льшей скорости реакций палладия (II) удалось выделить много новых комплексов с нуклеозидами. Так, в случае палладия просто получить как цис-, так и транс-изомеры состава $Pd(Nucl)_2Cl_2$, что не удалось сделать для платины (II). Вокруг палладия с легкостью размещаются четыре молекулы нуклеозида и получаются комплексы $[Pd(Nucl)_4]Cl_2$. Кроме того, синтезированы многочисленные смешанные комплексы типа $[Pd(Nucl)_2\,(Nucl')_2]Cl_2$ и многие другие.

Возможный механизм противоопухолевого действия цис-DDP

Все перечисленные выше исследования и ряд работ других авторов выполнены, чтобы ответить на вопрос, какой из возможных механизмов в действительности ответствен за противоопухолевое действие цис-DDP. Остановимся более подробно на этой проблеме.

Реакции тяжелых металлов типа платины (II) с химическими соединениями в организме весьма сложны. Когда было установлено, что взаимодействие цис-DDP с ДНК в процессе репликации приводит к первичному повреждению ДНК, были предприняты огромные усилия, чтобы понять природу этого повреждения. Явное отсутствие противоопухолевых свойств у транс-аналога DDP, обнаруженное уже в ранних работах, обусловлено другой геометрией этого изомера и соответственно разницей во взаимодействии с ДНК. Нельзя сказать, что сегодня мы однозначно представляем себе механизм, ответственный за противоопухолевое действие цис-DDP, и полностью понимаем различия в реакционной способности препарата и его неактивного трансизомера. Тем не менее по этому поводу были высказаны некоторые предположения (рис. 8). Считается, что цис-DDP преимущественно реагирует с более чувствительными и быстро растущими раковыми клетками, а не со здоровыми клетками.

Уже первые исследования взаимодействия платины (II), палладия (II) и других металлов с компонентами ДНК показали, что из всех составных частей ДНК наиболее реакционноспособен гуанин*, причем координация его с платиной происходит преимущественно через атом азота N^7 пуринового цикла. Таким образом, атака комплексом платины (II) N^7 гуанина — очевидно, первичный химический акт при

* Напомним, что гуанин — одно из оснований ДНК. В данной работе рассматривались реакции Pt с соответствующим ему нуклеозидом — гуанозином. — *Ред.*

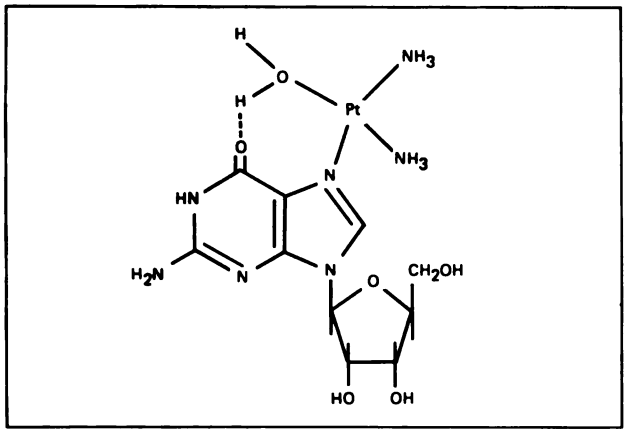


Рис. 9. Еще одна возможная хелатная структура комплекса платины с гуанином

взаимодействии цис-DDP с ДНК (см. рис. 8, *а*). Образование только этой связи может быть недостаточно, чтобы вызвать ключевое повреждение ДНК, поскольку этот дефект может быть устранен соответствующими ферментами клетки с помощью механизма репарации. Однако реакция цис-DDP может не остановиться на этой стадии, поскольку в комплексе остается еще один лабильный атом хлора. В качестве второй стадии взаимодействия с ДНК постулируется замыкание цикла через атом O^6 того же самого основания (8, *б*). Образование подобного хелата облегчается после возникновения связи платины с N^7, поскольку она приводит к увеличению отрицательного заряда на кислороде O^6. После замыкания цикла может произойти распаривание оснований, т. е. разрыв нескольких водородных связей между гуанином и комплементарным ему цитозином, и репарация подобного повреждения уже невозможна.

Многие авторы не согласны с таким механизмом действия цис-DDP в основном потому, что *in vitro* в водном растворе очень легко образуются комплексы типа цис-$[Pd(NH_3)_2\ (Nucl)_2]Cl_2$ (где Nucl — Ino, Guo и т. д.), в которых оба нуклеозида связаны через N^7. Выполнено большое число рентгеноструктурных исследований подобных комплексов, в то время как рентгеноструктурное подтверждение замыкания хелатного цикла через N^7 и O^6 отсутствует. Эти факты привели к идее об ином механизме действия цис-DDP — образовании межнитевых или внутринитевых сшивок в ДНК (см. рис. 8, *в*, *г*). Обширные исследования, проведенные с олигонуклеотидами типа GpG с расположенными рядом молекулами гуанина, или типа GpCpG, в которых они разделены другим основанием, например цитозином, дали дополнительные данные в пользу образования межнитевых и внутринитевых сшивок.

Недавно полученные результаты свидетельствуют об образовании как внутринитевых, так и межнитевых сшивок при реакции цис-DDP. с ДНК, причем сшивки внутри одной цепи образуются в бóльшем количестве. Высказано, однако, предположение, что образование сшивок *in vitro*, по-видимому, происходит в две стадии. На первой стадии может происходить хелатообразование через N^7 и O^6, причем более слабая связь Pt(II)—O^6 образуется с тем же самым основанием гуанина. Взаимодействие Pt(II) с O^6 может осуществляться также через молекулу воды, связанную с атомом платины ковалентной связью, а с O^6 — водородной связью (рис. 9). Подобная структура обнаружена совсем недавно рентгеноструктурным методом при исследовании продуктов взаимодействия цис-DDP с додекануклеотидом и в соединении с транспортной РНК. Этот механизм также способен объяснить основное различие в биоактивности цис- и транс-DDP, поскольку указанная последовательность реакций возможна только для цис-изомера.

Несмотря на значительную работу по выяснению механизма противоопухолевого действия цис-DDP, нельзя безоговорочно считать, что какой-либо один из рассмотренных выше механизмов раскрывает природу ключевого повреждения ДНК. Работа в этом направлении постоянно продолжается. Множится число исследований по синтезу и испытаниям новых противоопухолевых препаратов платины (II) и других металлов, а также оптимальным режимам их применения. По-видимому, открытие противоопухолевой активности цис-DDP — одного из наиболее эффективных современных химиотерапевтических препаратов — стало новым этапом в химиотерапии рака.

Раиса Георгиевна БУТЕНКО —
клеточный биолог и физиолог растений, член-корреспондент АН СССР и ВАСХНИЛ, заведующая отделом биологии клетки и биотехнологии Института физиологии растений АН СССР, профессор Московского университета имени М. В. Ломоносова.
В 1942 окончила Сельскохозяйственную академию имени К. А. Тимирязева. С 1948 работает в Институте физиологии растений АН СССР. В том же году защитила кандидатскую диссертацию. В 1963 — докторскую.
В 1974 избрана членом-корреспондентом АН СССР, в 1985 — членом-корреспондентом ВАСХНИЛ.
В 1957 ей было поручено организовать работу в новом для нашей страны научном направлении: изучении культур изолированных тканей и клеток растений. Были получены культуры клеток и тканей важных лекарственных растений — женьшеня, раувольфии, диоскореи и др. В настоящее время на их основе организуется промышленное производство ценных биологически активных веществ. Р. Г. Бутенко принадлежит приоритет в области использования меристем для размножения растений, а также получения генетически измененных клеток и растений методами слияния протопластов (гибридизации соматических клеток) и клеточной селекции.
Имеет около 300 печатных работ. В 1984 ей в составе авторского коллектива присуждена Государственная премия СССР за цикл работ «Разработка фундаментальных основ клеточной (генетической) инженерии растений».

Р. Г. БУТЕНКО

Биология клетки и биотехнология

Клетки высших растений, живущие вне организма — *in vitro*, оказались столь своеобразным и интересным объектом, что их исследование выделилось в новое направление биологии. Оно служит теперь основой клеточной и генной инженерии растений.

«...Дорога в науке прокладывается не только теми, кто умеет хорошо мыслить теоретически, но в равной степени и теми, у кого умелые руки».

Можно полностью согласиться с этими словами известного английского генетика и общественного деятеля Дж. Холдейна *(Haldane)*. Есть много примеров того, что науку движут вперед не только новые идеи, но и принципиально новые методы, создающие необычные объекты исследования, научные направления и нетрадиционные технологии. Пример тому — метод выращивания *in vitro* (в стекле), на искусственных питательных средах органов, тканей или клеток высших растений. По мере развития техники культивирования экспериментальная система упрощалась: изолированный орган, ткань, длительно культивируемая каллусная ткань (масса недифференцированных клеток, выращенная из кусочка ткани), суспензия клеток, одиночная клетка и, наконец, «голая», лишенная клеточной стенки клетка — изолированный протопласт. А исследователи все глубже осознавали, что имеют дело с новыми искусственно созданиыми биологическими системами, которые отличаются от клеток и тканей целого растения.

Изучение биологии культур *in vitro*, несомненно, углубляет наши знания клеточных основ процессов, происходящих в целых растениях. Но вместе с тем оно убеждает, что генетический аппарат клетки хранит избыточную информацию, которая не используется целиком в жизненном цикле конкретного растения, частью которого эта клетка является. Изучая метаболизм, рост, дифференцировку клеток в культуре, исследователю трудно оставаться в рамках своей узкой научной специальности — быть только генетиком, молекулярным биологом или физиологом, ибо поведение клетки в целом определяется тесной взаимосвязью процессов, происходящих на разных уровнях организации живой материи. Термины «биология клетки» и «клеточный биолог» более точно характеризуют современную ситуацию в этой области знаний.

Итак, на основе новой экспериментальной техники и появления необычных (неприродных) объектов возникло новое научное направление — биология культивируемой, живущей вне организма клетки высшего многоклеточного организма.

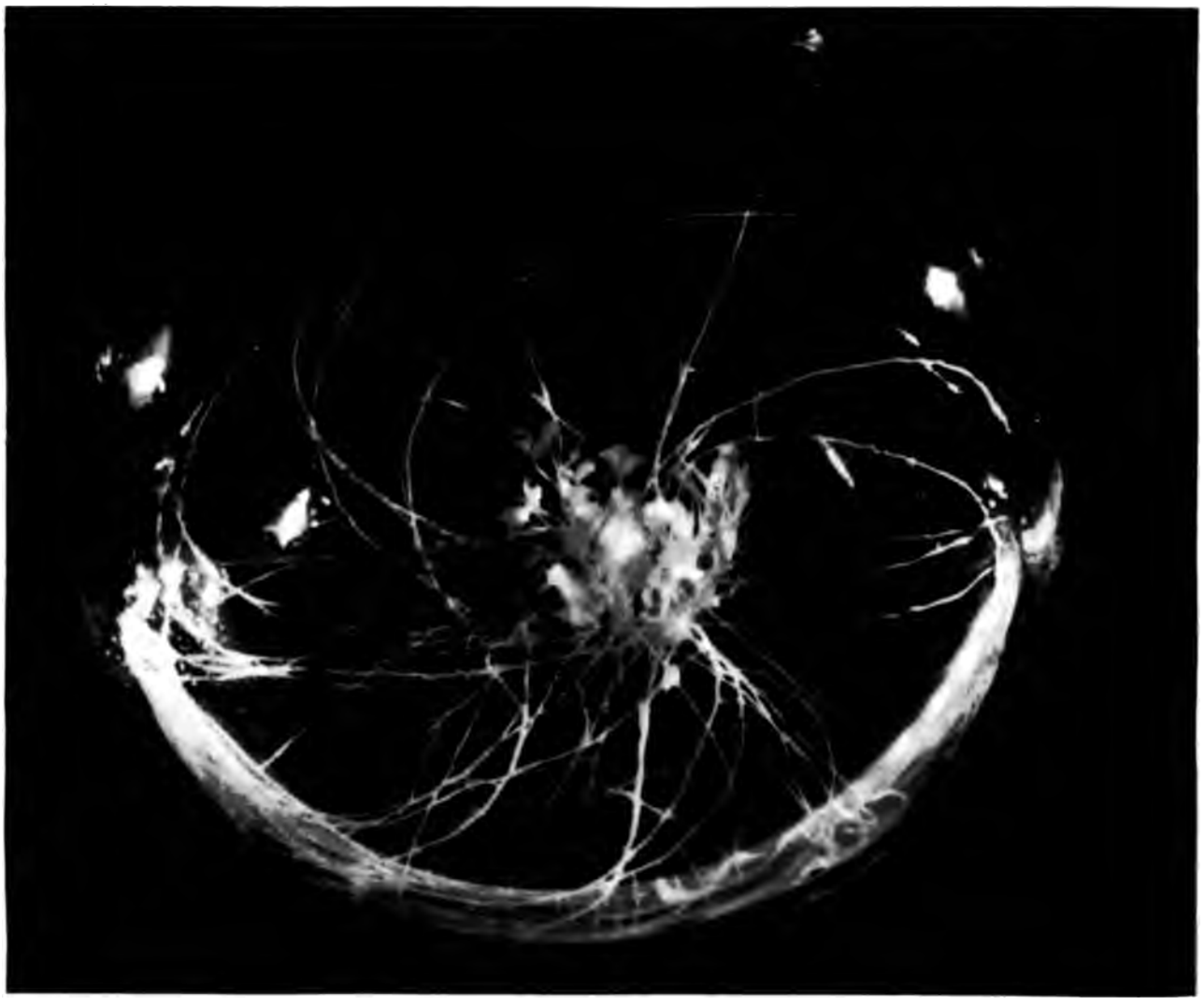
Академик И. Е. Тамм хорошо заметил, что «...овладение всякой новой областью явлений природы всегда приводит к практическим применениям». Данный случай — не исключение. Появились нетрадиционные клеточные технологии, которые должны помочь и уже помогают создавать новые формы и сорта сельскохозяйственных растений и получать промышленным путем продукты растительного происхождения.

В этой статье мне хочется познакомить читателя с объектами культивирования, остановиться на некоторых уникальных и трудных для понимания и объяснения особенностях их биологии, показать возможности, достижения и ограничения тканевых и клеточных технологий.

Биология культур разной сложности

Все объекты, культивируемые *in vitro*, необходимо выращивать абсолютно стерильно. Богатая питательная среда и ослабленный иммунитет делают изолированные культуры растений уязвимыми для патогенных и сапрофитных (паразитирующих) микроорганизмов. Стерилизуется эксплант (исходный кусочек ткани растения, который дает начало культуре), питательная среда, асептически в специальных боксах стерильным инструментом проводятся манипуляции с выращиваемыми объектами. Сосуды, в которых культивируют ткани и клетки, закрываются так, чтобы предотвратить инфицирование в течение продолжительного времени.

Объекты культивирования по сложности их организации можно расположить в такой ряд:

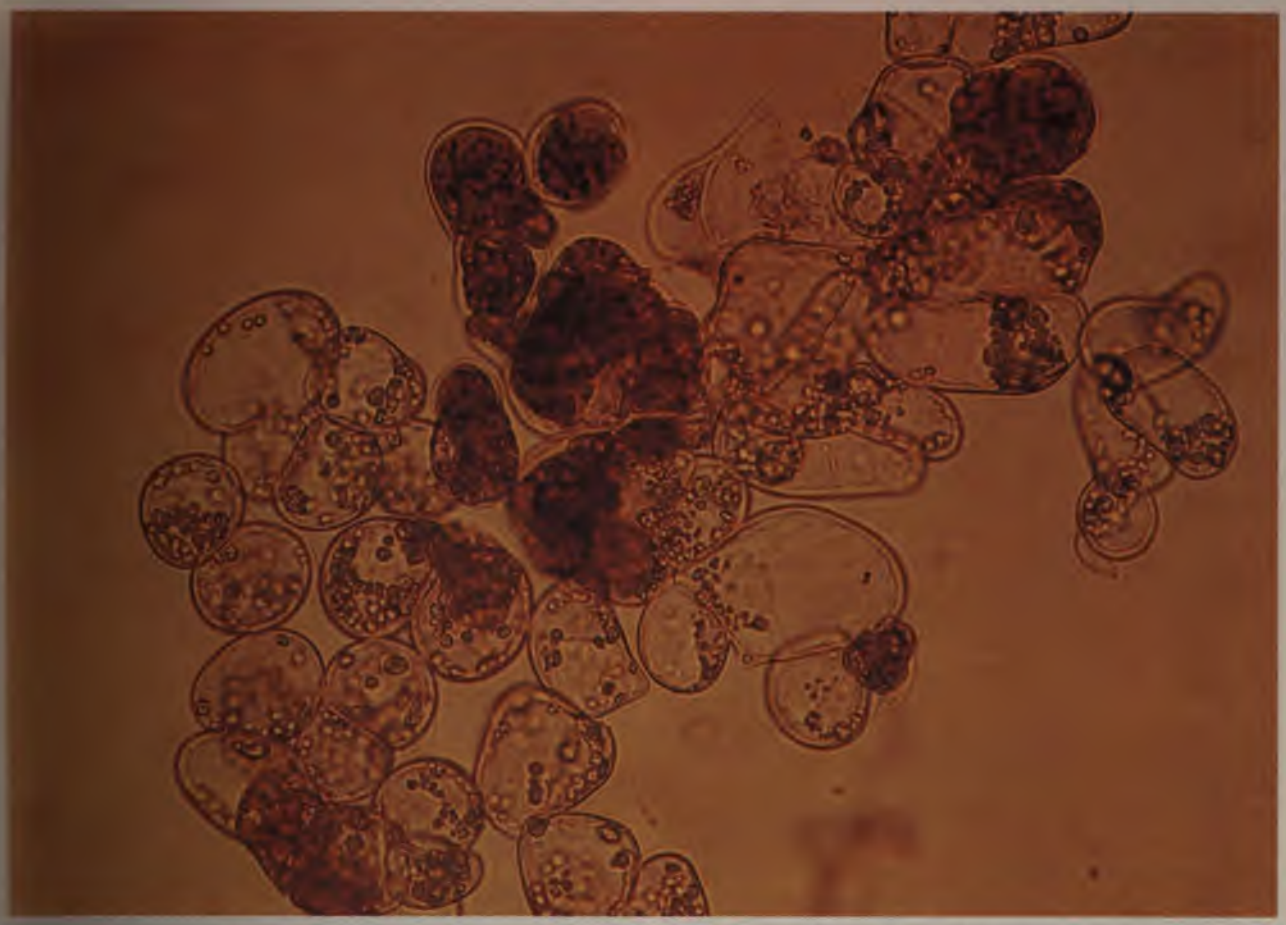


а

б

Рис. 1. Характерные представители объектов, выращиваемых *in vitro*:
***а* — пересадочная культура изолированных корней руты душистой в колбе, в питательной среде. Видно, что, кроме корневой массы, образуется так называемая каллусная ткань (в центре) и зачатки стеблей; *б* — культура клеток женьшеня, которая пересаживается маленькими кусочками на свежую питательную среду каждый месяц с 1960 г.;**

изолированные зародыши — сформированные зачатки растения, корни и почки — сложно организованные структуры, состоящие из тканей с разными функциями; кусочки определенных тканей — эксплантты; длительно пересаживаемые массы каллусных клеток, в них превращаются обычные тканевые клетки экспланта в сложном процессе дедифференцировки; суспензии — взвесь отдельных каллусных клеток и их агрегатов в жидкой питательной среде; и, наконец, одиночные клетки и изолированные протопласты. Характерные представители объектов, выращиваемых *in vitro*, показаны на рис. 1.



а — растущая в жидкой питательной среде (с пересадками) культура клеток мака (суспензионная культура);

Несомненно, биология клетки на каждом из уровней организации будет разной; по мере усложнения структуры объекта она все более будет контролироваться другими клетками, своим положением и ролью в целой системе. Поэтому чем менее организована система, тем более поведение клеток контролируется исследователем. В зависимости от условий клетки могут либо делиться анархически, образуя неорганизованную массу, либо менять программу своего поведения и делиться организованно с образованием зачатков структур — корней, стеблей, зародышей (рис. 2, *а*). Из зачатков затем можно регенерировать растения. На этом для культивируемых клеток круг замкнулся — возникшие из ткани целого растения, они реализовали все заложенные в них потенции организма, превратившись в него (рис. 2, *б*). Естественно, что растения могут быть легко получены из культивируемых *in vitro* изолированных зародышей, почек или апикальных меристем* (кончиков) стебля растений.

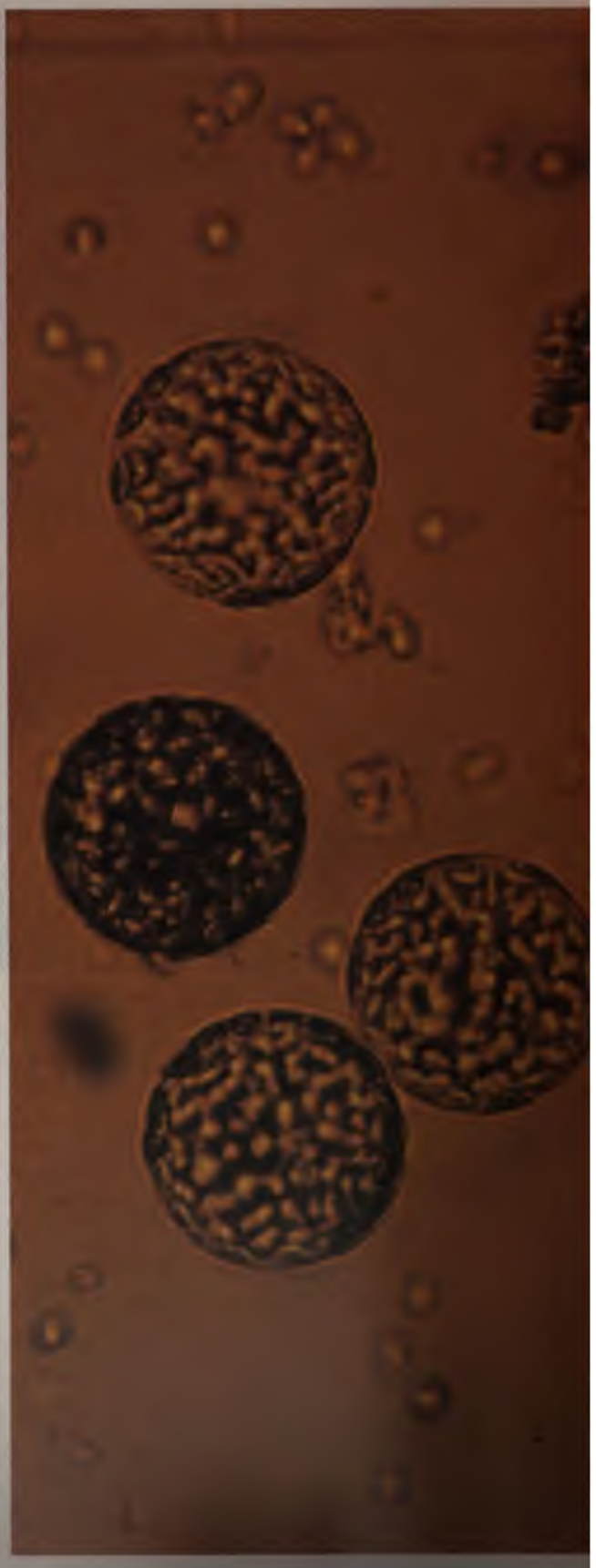
Схема на рис. 3 показывает не только многообразие объектов культивирования, но и их отношение к исходному растению и растению-регенеранту, в которое они превратились, реализовав свою тотипотентность, т. е. использовав всю наследственную информацию, необходимую для роста и развития организма.

Тотипотентность, или, по-другому, способность культивируемой соматической (т. е. неполовой) клетки растения превратиться в целое растение, — одна из центральных догм для клеточных биологов. Однако вопросы о том, все ли клетки ее сохраняют и всегда ли мы можем ее реализовать, остаются пока открытыми. Действительно, в ряде случаев экспериментатор добивается успеха, изменяя состав питательной среды, в основном за счет концентрации и соотношения фитогормонов: ауксинов, цитокининов, гиббереллинов или их химических аналогов. Причем конкретные условия зависят от структуры объекта, типа ткани, вида растения, и в каждом случае подбираются эмпирически. Таким образом, метаболизм, рост, дифференцировка клетки определяются ее генетическими, эпигенетическими* характеристиками и внеш-

* Меристема — ткань, за счет которой растения растут. — *Ред.*

* Эпигенез — постепенная структурная дифференцировка организма во время его развития из половых клеток. — *Ред.*

2 — изолированные протопласты («голые» клетки) из клеток листа бобов



ними условиями, т. е. взаимодействием с другими клетками и окружающей средой.

Легче всего вызвать морфогенез (образование органов и тканей) и регенерацию растения, используя зародыши и почки. Но даже из зародышей, изолированных на самых ранних стадиях развития, или апикальных меристем стебля очень маленьких размеров (меньше 100 нм) для получения растений нужны дополнительные усилия, например очень богатые питательные среды.

Наиболее сложный объект — зерновые злаки и некоторые бобовые растения. До сих пор практически невозможно регенерировать растения из изолированных протопластов пшеницы, ржи, ячменя, сои, бобов. И нет вполне удовлетворительного объяснения этому. Только догадки. Возможно, это эволюционное приобретение — генетическое ограничение вегетативного размножения, или эпигенетический запрет, связанный с потерей клеточными рецепторами своих функций и невосприимчивостью к тем гормонам, которые мы обычно используем как отмычку для реализации тотипотентности клетки. Если так, то почему можно получить растение из каллусной клетки, возникшей из тканей незрелого зародыша пшеницы или кукурузы того же сорта, что и протопласты (рис. 2)? Если причина в эпигенетических различиях, то какие молекулярные механизмы их определяют? Словом, много разных «возможно» и «почему». Между тем я хочу подчеркнуть, что развитие растения из культивируемой соматической клетки — это не только часть общей проблемы развития, одной из центральных в биологии, но и основа таких современных технологий, как клеточная и генная инженерия растений.

Очевидно, мы сначала найдем способ решить трудную проблему злаков экспериментально, а затем поймем и причину их особого поведения. Но, как хорошо сказал П. Дирак, «...после разрешения каждой проблемы будет оставаться по-прежнему великой загадкой вопрос о том, как поступить с остальными проблемами».

Следующей по значимости следует назвать проблему генетической вариабельности, изменчивости культивируемых клеток растений. Вариабельность не свойственна культуре изолированных зародышей и органов. При их культивировании изменения в геноме возникают не чаще, чем в популяции растений данного вида. Но в культивируемых каллусных клетках, особенно при длительном выращивании *in vitro*, возникают, сохраняются в клеточных поколениях, а часто и селектируются, т. е. отбираются, и начинают преобладать многочисленные геномные вариации. Когда происходит толчок, ведущий к *их* появлению, в чем он заключается? Точного

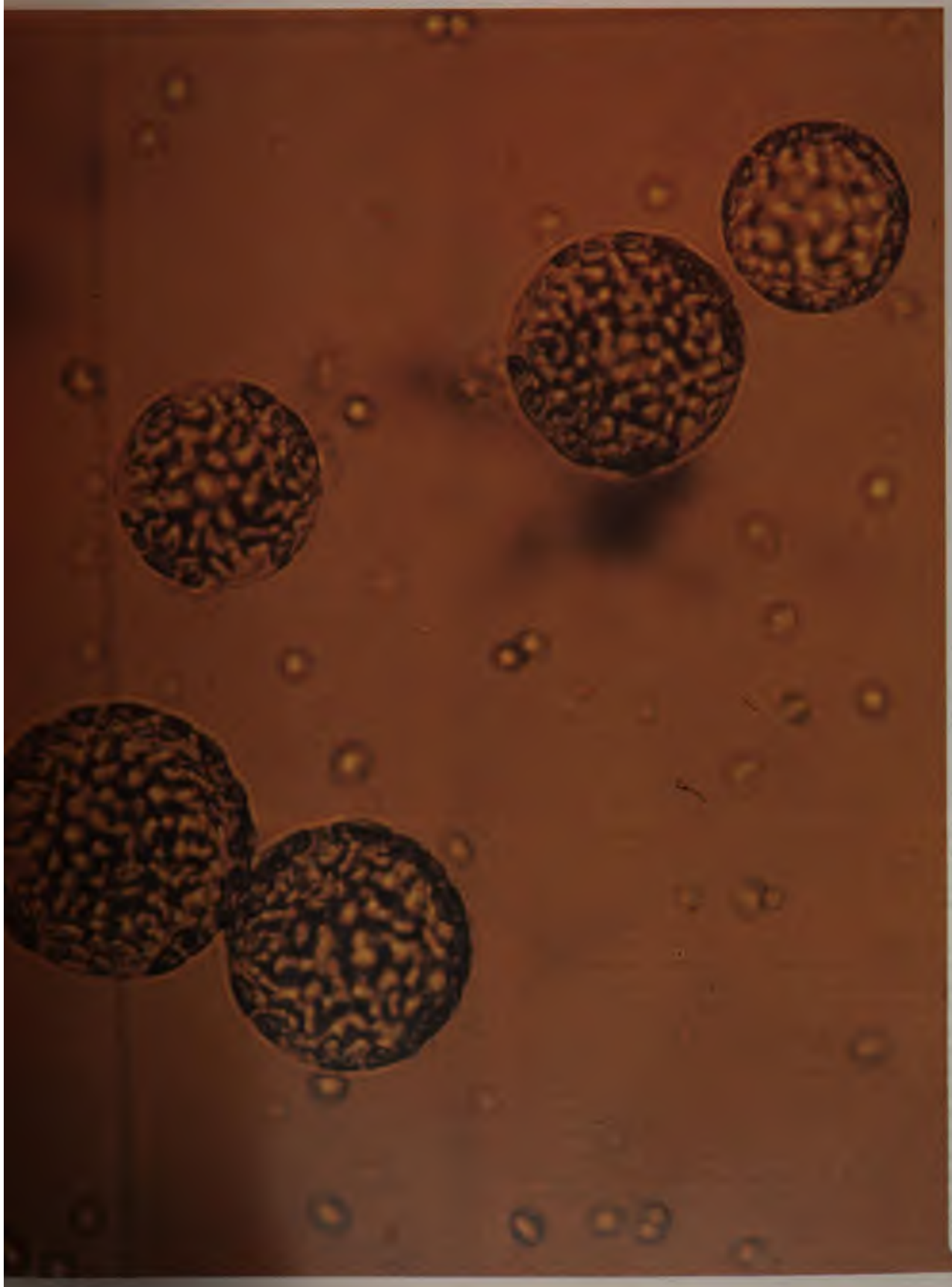


Рис. 2. *а* — **начало образования многочисленных побегов из культивируемых клеток табака;** *б* — **растения пшеницы, полученные из разных каллусных клеток, растущих в пересадочной культуре (так называемые сомаклональные варианты)**

ответа на этот вопрос нет. Как и в случае с индукцией морфогенеза, многое определяют и видовые особенности генотипа, и характер ткани, из которой получены клетки культуры, и условия выращивания. Каллусные ткани, в которых клетки утратили специализацию, чаще получают не из делящихся, меристематических клеток растения, а из тех, которые уже вышли из цикла деления и специализировались на определенных функциях. Согласно одной из точек зрения геномы таких клеток претерпевают ряд изменений, которые и наследуются дочерними клетками. Однако много доказательств есть и тому, что число геномных мутаций возрастает со временем культивирования, и спектр генетических аномалий расширяется.

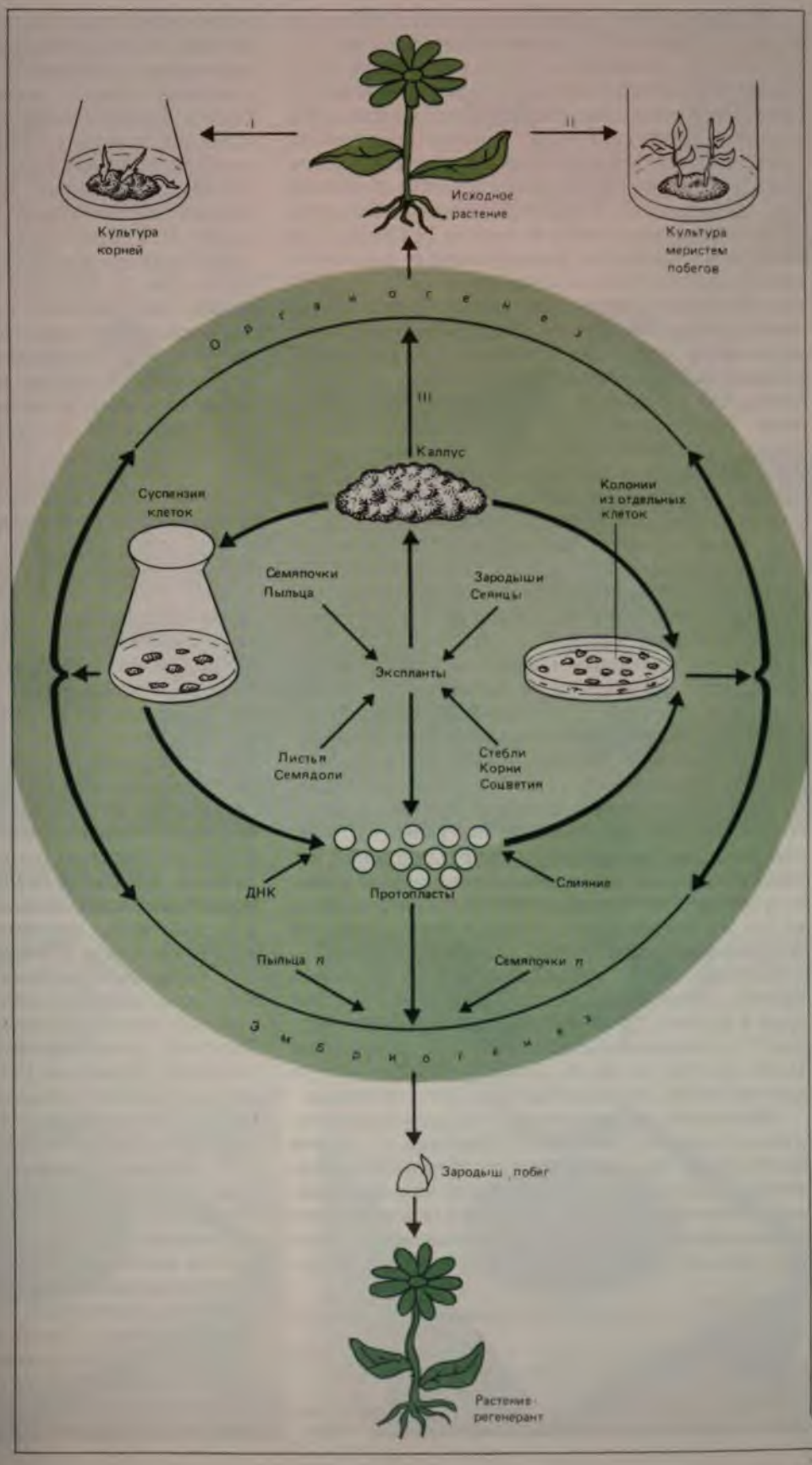


Рис. 3. Объекты и процессы в культуре тканей и клеток растений:
I — переход от исходного растения к культуре корней. Это замкнутый цикл выращивания без возврата к целому растению. Используется только культура органа. II — от исходного растения к культуре меристем (ткани, из которой растения растут) побегов. Из нее всегда образуется точная копия исходного растения. Культуру меристем используют для клонального микроразмножения — получения точных копий и оздоровления материала. III — от исходного растения к экспланту (кусочку ткани, который дает начало культуре) и обратно либо через органогенез, либо через эмбриогенез к растению-регенеранту. В качестве первичного экспланта могут быть использованы различные ткани из разных органов растения: листьев, семядолей, зародышей и т. д.

В нашем отделе (биологии клетки и биотехнологии) Института физиологии растений АН СССР З. Б. Шаминой и Ву Дык Куангом была выполнена интересная работа по определению скорости возникновения клональных вариаций в культуре клеток *in vitro*. Авторы исследовали длительно культивируемую суспензию клеток кукурузы. Число хромосом в клетках суспензии (их плоидность) характеризовалось большим разнообразием: от 18 до 90 вместо 20 в норме. От отдельных клеток и изолированных протопластов были получены клоны*, которые в первых генерациях сохраняли присущее исходной клетке число хромосом. Однако после 11 пересадок (60 клеточных генераций) каждая популяция приобретала такое же разнообразие геномов по плоидности, как и исходная, откуда клетка была извлечена. Кроме изменения плоидности, в клетках часто наблюдаются разнообразные перестройки хромосом, изменение числа коний генов, перемещение мобильных генов** и различные комбинации этих процессов, создающих аномалии геномов. Если в данных условиях клетки с измененным геномом будут лучше приспособлены к выживанию и быстрому размножению, то они не только сохранятся в популяции, но и займут в ней преобладающее место.

Многие изменения в ядерном геноме можно объяснить аномалиями в делении клеток под влиянием, например, высокой концентрации в питательной среде фитогормонов или токсических продуктов клеточного метаболизма. Но, возможно, главное — отсутствие координирующего и контролирующего влияния других клеток, составляющих организованную ткань. В том, что последнее весьма существенно, убеждает нас генетическая стабильность почек и организованных меристематических тканей, выращиваемых на тех же питательных средах, в присутствии тех же фитогормонов.

Однако если аномалии ядерного генома можно объяснить нерегулярностью деления ядра и клетки, то изменения в геноме митохондрий***, которые наблюдали в нашей лаборатории В. И. Негрук и др. в суспензионной культуре клеток бобов, нужно объяснять дополнительно.

Возможно, изменчивость геномов культивируемых клеток высших организмов — задача иного рода, чем для целого растительного организма. Здесь нельзя использовать уже имеющиеся понятия и методы и свести это новое явление к известным феноменам. По-видимому, мало исходить из принципа строгой причинной детерминированности событий, когда новое состояние должно быть однозначно определено предшествующим состоянием, и только им. Изучая поведение клеток высших растений, мы вступили в «приключенческий» мир вероятностных событий, которые, может быть, происходят в таких гетерогенных системах, как клетки в популяции и популяции макромолекул в клетке. Мысли подобного рода навеял мне фрагмент из книги В. Гейзенберга, названный «Прорыв в новую землю» и напечатанный в журнале «Природа» (№ 10, 1985 г.). Я заимствовала оттуда логику рассуждений, перенеся ее из физики в биологию. Вероятностный мир требует особых статистических подходов к изучению его закономерностей. Но знание их обязательно для получения надежных и воспроизводимых практических результатов, к которым я и перехожу.

Быстрое клональное микроразмножение растений

Термин «клон» был впервые использован в 1903 г. Веббером (*Webber*, Германия) применительно к растениям, размножаемым вегетативно, и означал, что дочерние растения клона генетически идентичны материнскому. Клональным микроразмножением называют быстрое неполовое размножение *in vitro* растений, строго идентичных исходному. Слово «микро» подчеркивает миниатюризацию процесса в сравнении с традициониой техникой вегетативного размножения черенками, отводками, усами, прививками. И это одно из преимуществ новой технологии. Не требуется больших площадей, в том числе и тепличных, для размножения маточных растений и черенков, а процесс идет очень быстро и с высоким выходом, например, от одной инициали можно получить 10^5—10^6 растений в год.

Стеблевая меристема (особенно самый ее кончик), как правило, свободна от вирусных инфекций, микоплазм и возбудителей других болезней. Поэтому культивирование меристематических верхушек размером 100—200 нм, а затем быстрое клональное размножение здоровых растений — основа технологии получения безвирусного посадочного материала картофеля, плодовых, ягодных, декоративных растений (рис. 4). При этом быстрыми высокочувствительными методами обязательно ведется контроль за состоянием материала и отбор здоровых растений на всех этапах выращивания. Оздоровленный посадочный материал увеличивает урожай, к примеру картофеля, до 35% и улучшает качество продукции. Очень важна технология быстрого клонального размножения в селекции растений. Можно быстро размножить уникальный генотип или новый сорт, что в конечном итоге ускоряет его практическое использование.

---

* Клон — группа клеток, полученных от одной исходной. — *Ред.*

** См. статью Г. П. Георгиева «Мобильные гены животных» в ежегоднике «Наука и человечество. 1985». — *Ред.*

*** Митохондрии — особые органеллы в цитоплазме клетки, обеспечивающие клетку энергией. — *Ред.*

а

б

Рис. 4. Оборудование и этапы процесса быстрого клонального микроразмножения растений: *а* — общий вид комнаты для пересадок, оборудованной специальными ламинар-боксами; *б* и *в* — с помощью специальной стереоскопической лупы масса образовавшихся побегов разделяется для рассаживания по отдельным пробиркам (далее см. с. 160 — 161);

г

Коллекции оздоровленного материала могут транспортироваться в асептических условиях, что облегчает прохождение карантинных барьеров. Разработаны методы замедления роста таких растений. Их хранят при пониженных температурах или добавляют к питательной среде вещества, задерживающие рост, так называемые ретарданты. В последнее время интенсивно разрабатывается техника сохранения меристем в жидком азоте (—196° С) — в криобанке, как называется такое сохранение. В нашем отделе найдены способы хранения в криобанке нескольких сортов картофеля и лекарственного растения наперстянки шерстистой (рис. 5). Криосохранение меристем позволяет уменьшить затраты труда на частые пересадки быстро растущих «пробирочных» растений и размножать их в больших количествах по требованию заказчика. Таковы несомненные достоинства новой технологии *in vitro*.

Однако поскольку это производственная технология, следует учитывать ее экономичность, трудоемкость и рентабельность. Рентабельность определяется оптимизацией всех биологических процессов, рациональной организацией манипулирования с клетками и тканями и последующего доращивания в почве размноженных растений. Оптимизация биологических процессов предпо-

Рис. 4. (начало см. на с. 159) *г* — камера фитотрона — специальная камера с регуляцией температуры, света, влажности — для выращивания пробирочных растений; *д* — в специальных сосудах для клонального микроразмножения слева — многочисленные побеги каперсов, справа — растение, полученное из одного побега;

е — побеги яблони, полученные при клональном микроразмножении перед посадкой в почву; *ж* — молодое растение яблони в почве

д

ж

Рис. 5. Оборудование для глубокого замораживания и хранения в жидком азоте (—196°С) клеток и меристем растений:
а **— работа на установке глубокого программного замораживания, разработанной и изготовленной в Институте проблем криобиологии и криомедицины АН УССР;** *б* **— погружение ампул с клетками и меристемами в хранилище с жидким азотом после глубокого замораживания. Принципиально важно, что, кроме уменьшения затрат труда на пересадки, сохранение в криобанке не изменяет генетический материал клеток**

лагает выбор подходящего экспланта и оптимальных условий для его стерилизации и жизнеспособности на питательной среде, а также условий быстрого получения от одной инициали максимального числа побегов. Кроме того, это подбор условий, при которых наибольшее число побегов укореняется и адаптируется перед переносом в почву.

На фотографиях рис. 4 показана последовательность процессов, принятых в клональном

Таблица 1

Растения, для которых технологии клонального микроразмножения разработаны в отделе биологии клетки и биотехнологии Института физиологии растений АН СССР

Растения	Виды
Декоративные	Гербера
	Фрезия
	Гвоздика
	Орхидеи
Плодовые	Яблоня
	Шелковица
	Виноград
	Лимон
	Подвой для апельсинов
	Ежевика
	Чай
Лесные деревья	Сосна
	Ель
Овощи	Картофель
	Сахарная свекла
	Капуста
	Томаты
	Каперсы
Лекарственные	Мандрагора туркменская
	Аристолохия маньчжурская
	Женьшень

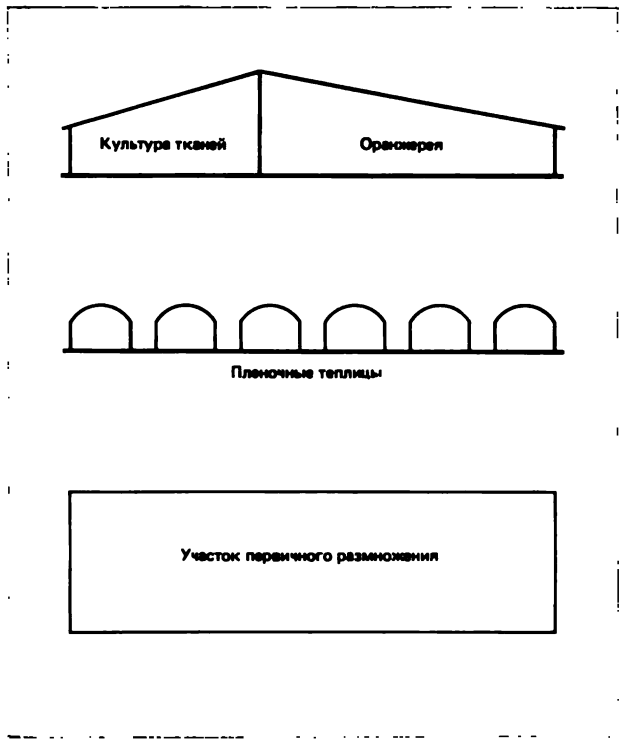


Рис.6. Комплекс для клонального микроразмножения

размножении растений. В предыдущей главе мы говорили об особенностях культур *in vitro* разных уровней организации, об их способности к морфогенезу и сохранению генетической стабильности. Клональное размножение требует абсолютной или очень высокой генетической идентичности клонов и исходной формы. И для него совсем непригодны (за редким исключением) каллусные ткани и клетки, так как, повторяю, они дают измененные растения. Наилучший источник — меристемы кончиков побега и те, которые есть в пазухах листьев. В ряде случаев можно использовать и придаточные почки, возникающие непосредственно из клеток листа, стебля, луковицы без промежуточной стадии образования каллусов.

Для разных видов разработаны различные способы получения максимального числа растений от одной инициали. Это, например, микрочеренкование побега (картофель, виноград и др.), стимуляция развития пазушных почек (гербера, яблоня, сахарная свекла, каперсы и др.), получение растений из частей луковицы, стебля соцветия (лук, нарциссы, тюльпаны) или получение микроклубней (картофель). Скорость размножения определяется составом питательной среды, особенно гормонов цитокининовой природы, интенсивностью и качеством света, длительностью освещения, температурой. Очень важно физиологическое состояние растения и эксплантата от него.

За это время найдены условия размножения более 500 видов экономически важных и исчезающих диких растений. В таблице 1 приведены те их них, для которых такие условия разработаны в нашем отделе. Многие из них размножаются уже в производственных условиях. Следует сказать, что экономичность новых технологий будет зависеть от создания специальных комплексов, включающих так называемые тканевые заводы, теплицы, участки размножения элитного материала. Возможная схема такого комплекса показана на рис. 6. Профессионально подготовленный персонал, специальная удобная в обращении посуда и инструменты также входят в число факторов, определяющих производительность труда, качество работы, а следовательно, и рентабельность технологии.

Новые формы сельскохозяйственных растений

Генетика и селекция создали много высокопродуктивных сортов важных сельскохозяйственных растений: зерновых злаков, картофеля, масличных растений, сахарной свеклы и др. Однако их успехи имеют и оборотную сторону. Стандартизация сортов, распространение небольшого числа их на большие площади делают урожай более уязвимым для болезней и вредителей и уменьшают генетическое разнообразие. Преодолеть эти трудности помогают клеточные технологии.

Их можно разделить на две группы. Первые ускоряют и облегчают традиционный селекционный процесс, а вторые используют соматический путь, взамен полового, для создания исходного генетического разнообразия форм растений (таблица 2). Я позволю себе здесь только назвать методы, которые облегчают селекционный процесс. Это — оплодотворение *in vitro*, позволяющее преодолеть физиологическую несовместимость на этапах опыление—оплодотворение. Затем культивирование изолированных семяпочек и зародышей гибридного организма, предотвращающее его гибель на самых первых этапах развития.

Значительно ускоряет отбор линий с искомыми положительными признаками получение гаплондов*. Например, для пшеницы, риса, кукурузы, сорго, ячменя и других зерновых злаков эта техника ускоряет селекционный процесс в 3—4 раза. Во Всесоюзном институте селекции и генетики ВАСХНИЛ сорт ячменя «Исток» был получен комбинацией партеногенетического метода с культурой зародышей за 4 года вместо обычных 10—12.

Перспективна сейчас и на ближайшее будущее та часть клеточных технологий, которая создает необходимое разнообразие форм для селекции. При этом используются сомаклональные вариации (о них ниже), мутанты и направленная клеточная селекция, гибридизация соматических клеток, а в перспективе — создание специальных рекомбинантных (гибридных) ДНК для переноса в растительную клетку необходимых генов.

Изменчивость геномов, о которой говорилось выше, в ряде случаев может приводить к генетическим изменениям у растений-регенерантов, полученных из культуры каллусных клеток, из клеточных суспензий или изолированных протопластов. Такие растения получили название сомаклональных вариантов. Они отличаются от прототипа не только морфологически, как это видно на рис. 7, но и по продуктивности и устойчивости. Часто такие изменения передаются потомству половым путем или длительное время наследуются при вегетативном размножении, как это показано в работе с сомаклональными вариантамн картофеля сотрудниками Института картофельного хозяйства РСФСР (табл. 3). Сомаклональные варианты, сохраняя основные

Таблица 2

Технологии *in vitro* в селекции растений

Для облегчения и ускорения процесса	Для конструирования новых растений
Оплодотворение *in vitro*	Получение мутантов и сомаклональных вариантов
Культура семяпочек и незрелых зародышей	Клеточная селекция
Получение растений из гибридных тканей	Гибридизация соматических клеток
Экспериментальная гаплоидия	Перенос чужеродных цитоплазматических генов
Клональное микроразмножение новых сортов	Перенос чужеродных ядерных генов

характеристики прототипа, часто выгодно отличаются от него устойчивостью к вирусам, болезням и экологическим стрессам. Как я уже упоминала выше, точная генетическая картина и причины сомаклональных вариаций пока не ясны, но использовать их, очевидно, полезно.

Применяются также селективные условия культивирования клеток. Спонтанно возникшие или индуцированные мутанты в популяции отбираются на устойчивость к созданным жестким условиям: высоким концентрациям солей, экстремальным температурам, гербицидам, токсинам. Поскольку таким образом проверяются многие миллионы клеток и множество популяций, техника оказывается достаточно эффективной для получения устойчивых растений. Главное для клеточного биолога — отобрать действительно генетически устойчивые линии и, как всегда, приложить все умение для регенерации растений из стабильной клеточной линии.

В нашей стране методом клеточной селекции получены растения картофеля, устойчивые к высоким концентрациям хлористого натрия, осмотиков — веществ, увеличивающих осмотическую силу раствора, иизким температурам,

Таблица 3

Сохранение положительных качеств сомаклональных вариантов картофеля сорта Любимец при размножении клубнями в поле в течение трех лет

Номер клона	Урожай на растение, в г.			Устойчивость к фитофторе в баллах			Чувствительность к вирусным болезням (% забол. растений)
	1982 г.	1983 г.	1984 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г	
Исходный	194	1032	928	5.4	4.3	**4.0**	**25.2**
3	464	1307	865	4.3	4.7	**6.0**	**3.8**
4	411	1533	886	5.2	5.2	**6.0**	**3.6**
12	286	1131	797	7.3	5.2	**7.5**	**10.2**
17	512	1385	853	7.4	5.6	**2.0**	**1.3**
31	687	1670	961	7.0	5.0	**6.0**	**1.1**

* Гаплоид — это растение с уменьшенным вдвое (одинарным) числом хромосом. Получить их можно тремя способами. Андрогенетическим — в культуре пыльников (мужских половых клеток), где из молодой пыльцы, имеющей гаплоидный набор хромосом, образуется гаплоидный зародыш. Затем подобным же образом из женских половых клеток при культивировании семяпочек — гиногенетический путь. И, наконец, партеногенетическим — из гибридного зародыша, у которого из-за несовместимости хромосом отца и матери потеряны отцовские хромосомы. — *Ред.*

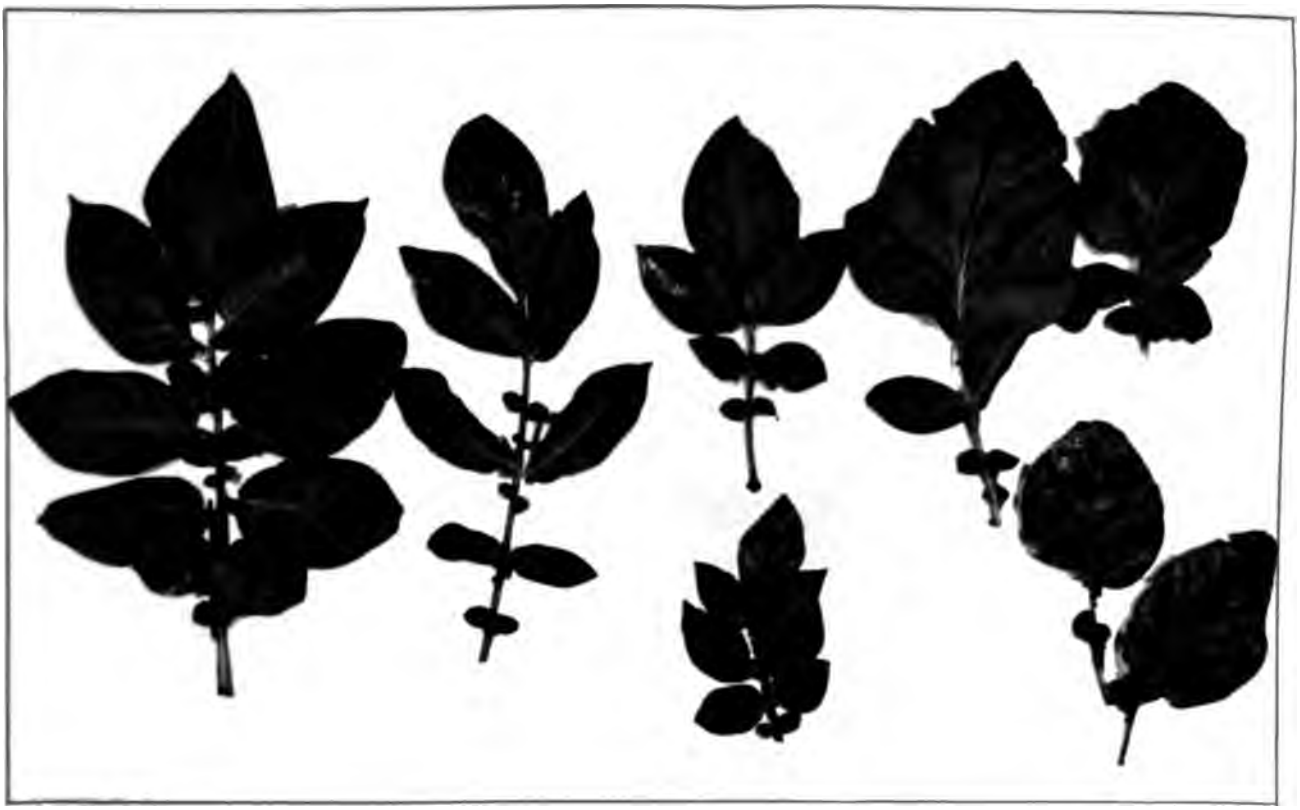


Рис. 7. Различные формы листьев разных линий сомаклональных вариантов картофеля. Сорт Смена

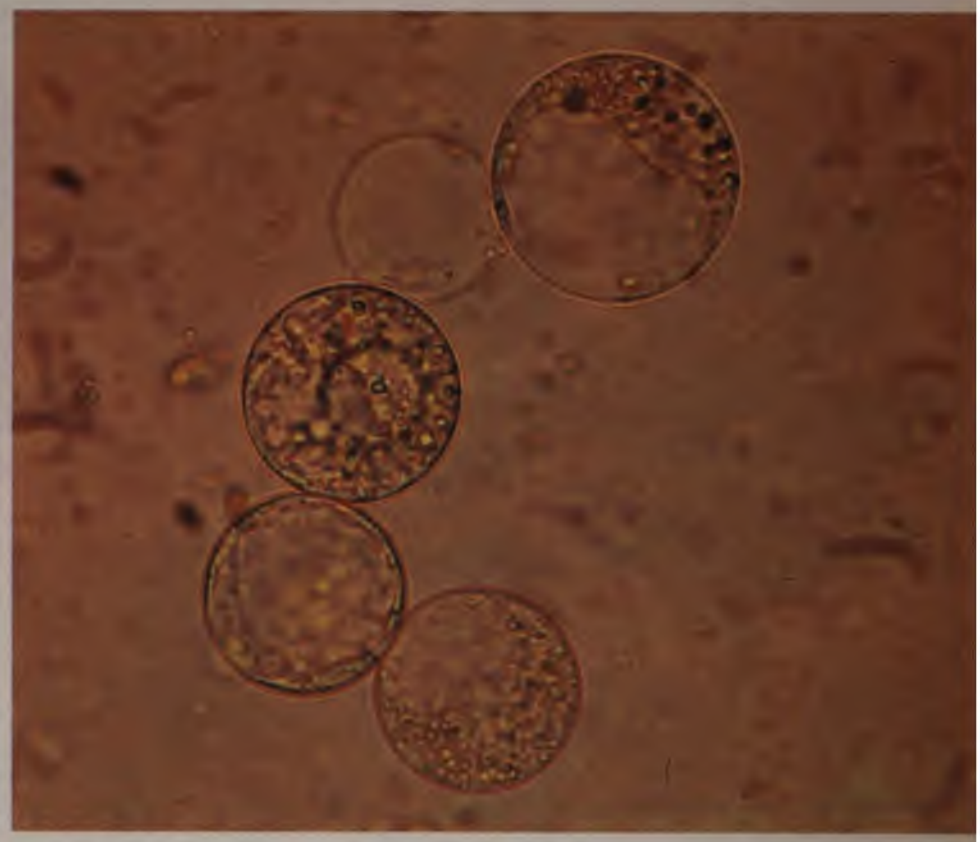
патогену и токсину, вызывающим так называемую кольцевую гниль клубней. Этим же способом получен клевер, устойчивый к склеротиниозу (раку клевера), рис, устойчивый к низким температурам и засолению. Клеточная селекция сегодня — пожалуй, наиболее полезная из клеточных технологий для создания исходных форм и получения новых устойчивых сортов важнейших сельскохозяйственных растений.

Следующий метод — гибридизация соматических (неполовых) клеток путем слияния протопластов (рис. 8). Этим путем возможно не только соединить в одном ядре гены далеких видов растений, но и сочетать в гибрндной клетке цитоплазматические гены партнеров. На рис. 9 приведена схема неполовой гибрндизации культурного и дикого картофеля, в результате которой гибридное растение получило сочетание ядерного, хлоропластного и митохондриального геномов, невозможное при половом скрещивании. Соматический гибрид приобрел редкое качество — устойчивость к одному из серьезных вирусных заболеваний (Y-вирусу). Однако он обладал рядом негативных признаков дикого вида, от которых надо было избавиться. Естественно, чтобы уменьшить его влияние, надо вводить в протопласт культурного сорта только фрагменты ядра донора или отдельные его хромосомы (дикий вид растений в селекции обычно служит донором устойчивости к неблагоприятным факторам среды). Это трудно, так как многие хозяйственно-ценные признаки определяются не одним, а многими генами, и мы мало знаем о локализации их в хромосомах. Больше надежд сейчас на метод слияния протопластов для переноса признаков, связанных с цитоплазматическими генами (рис. 10). Протопласт-реципиент определяет признаки будущего растения, кодируемые его ядром. А донор, ядро которого инактивировано, скажем, облучением, вносит признаки, кодируемые генами митохондрий или хлоропластов. Таким способом можно перенести, например, признаки так называемой цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), что особенно важно при селекции на гетерозис*, а также устойчивость к ряду патогенов и гербицидов. Несомненно, перенос в изолированный протопласт индивидуальных генов, определяющих важные для сельскохозяйственных растений признаки (устойчивость к болезням, вредителям, качество продукта и др.) — наиболее прямой путь к цели.

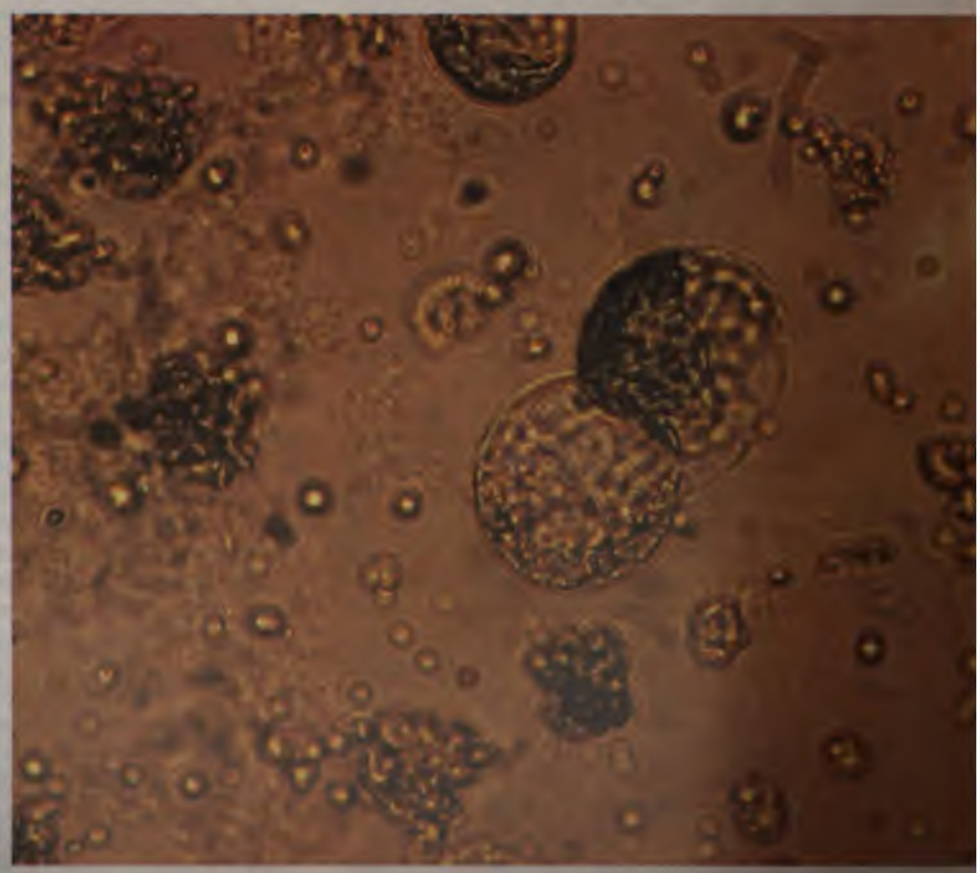
Генная инженерия растений развивается сейчас с большим ускорением. Через 10—15 лет она станет, очевидно, естественным приемом при создании нужных человеку форм сельскохозяй-

* Об этом подробнее см. статью Х. С. Даскалова «Сущность и значение гетерозиса. Опыт овощевода» в ежегоднике «Наука и человечество. 1981». — Ред.

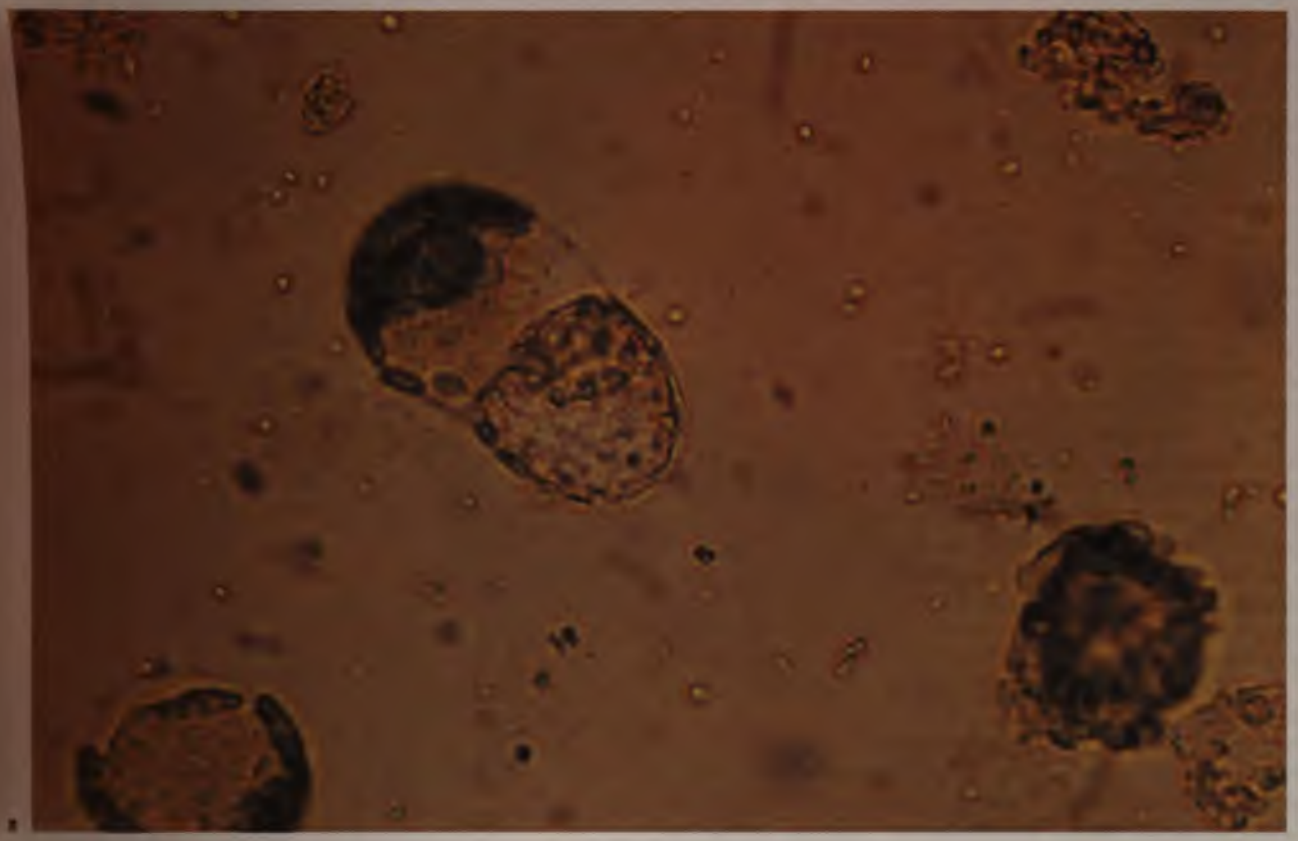
Рис. 8. Слияние протопластов. Зеленые клетки — протопласты листа бобов — с помощью специального вещества (полиэтиленгликоля) сливают с протопластами из каллусных клеток (желтые) сахарной свеклы: *а* — слипание; *б* и *в* — слияние; *г* — гибридная клетка

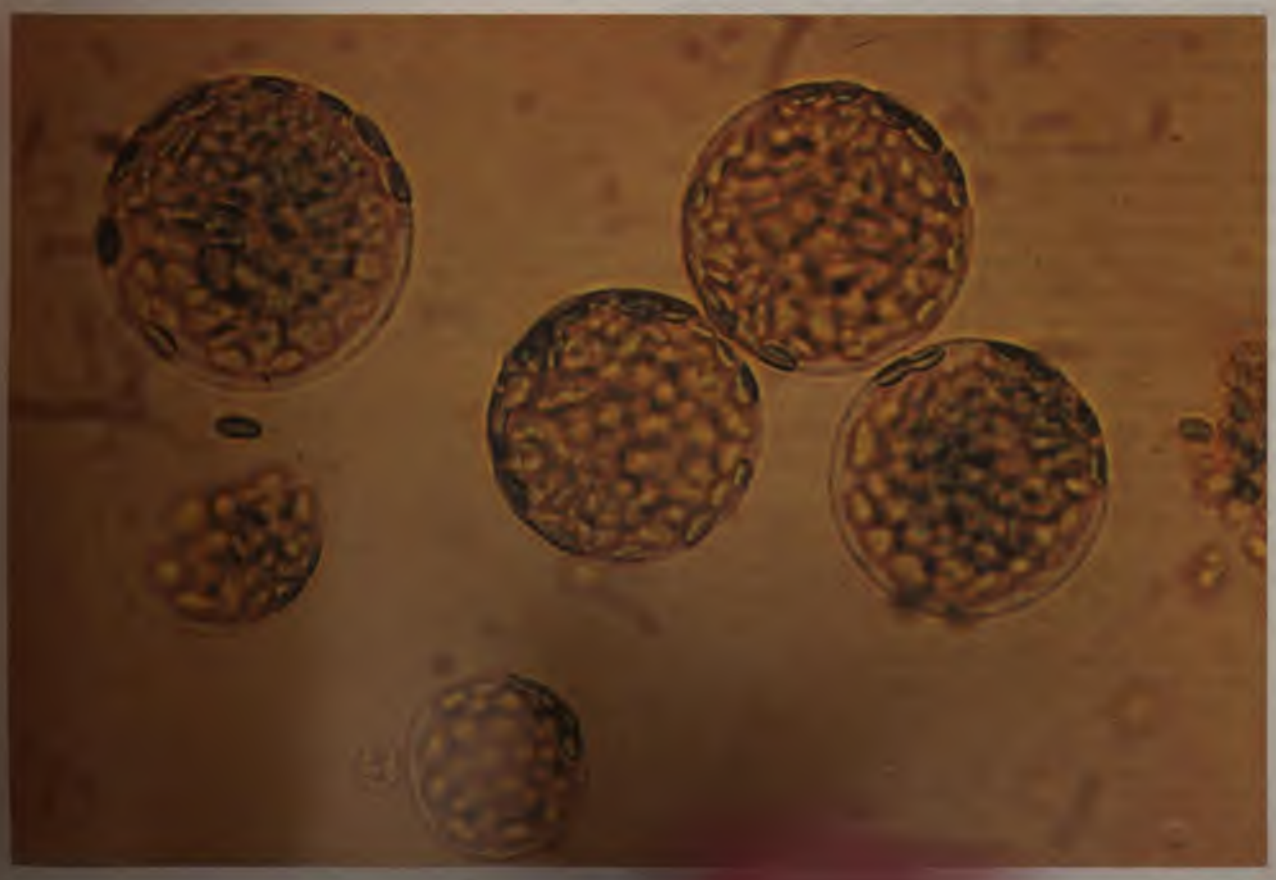


а



б





ственных растений. Чтобы это стало реальным, нужно уметь выделять важные гены растений, получать и накапливать их копии, уметь их вводить в клетку. Уже сегодня выделено, клонировано и изучено более 100 важных генов растений. На модельных объектах показана возможность переноса некоторых генов важных белков семян в другие растения. Например, гена фазеолина — из фасоли в табак, глицинина — из сои в петунию. Бактериальные гены устойчивости к антибиотикам и гербицидам также перенесены в растения.

Способы переноса чужеродной генетической информации пополняются все новыми приемами. А если попытаться прогнозировать будущее развитие этой области (переноса индивндуальных генов), то, по-видимому, использование культивируемых клеток должно уступить место манипулированию с половыми клетками и зародышами целых растений, если для этого будут разработаны необходимые технические приемы, которые пока еще трудно представить. Тогда в новом растении не будет тех наследственных изменений, которые спонтанно возникают в культивируемых клетках.

Вероятно, сегодня важнее использовать генную инженерию не в практических целях, а для фундаментальных исследований молекулярной биологии клетки. Встраивание чужих генов в геном клетки-реципиента поможет смоделировать процессы их функционирования и регуляции активности.

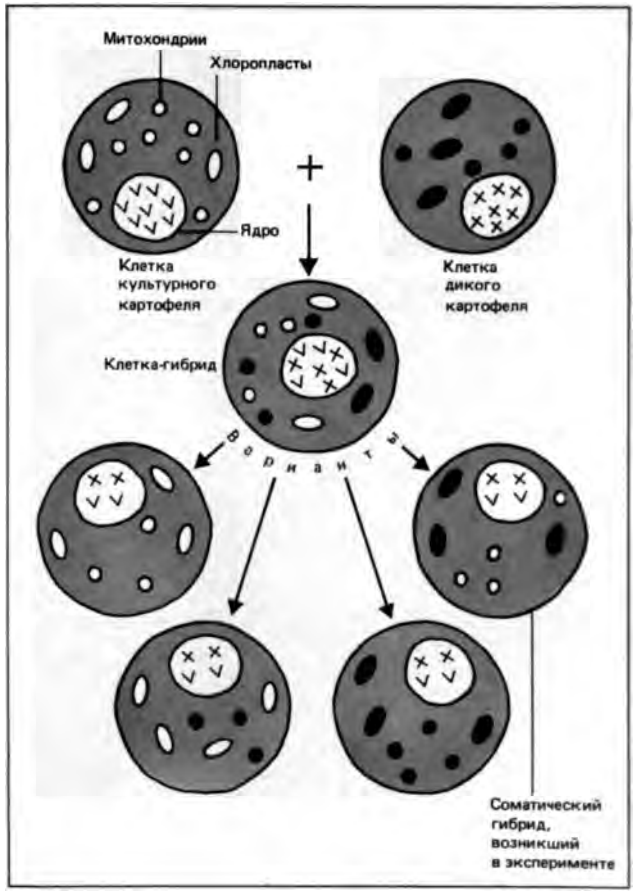


Рис. 9. Схема возможных сочетаний ядерного и цитоплазматических геномов в потомстве гибридной клетки, полученной при слиянии протопластов культурного и дикого картофеля.
Как известно, генетическая информация у высших растений локализована не только в ядре, но и в органеллах цитоплазмы — хлоропластах и митохондриях (на схеме они разной формы в цитоплазме каждой клетки). При слиянии таких соматических клеток образуется невозможная при половой гибридизации полиплоидная гибридная клетка, несущая и ядерные, и хлоропластные, и митохондриальные (все или в разных сочетаниях) гены обоих партнеров

Клеточные технологии в промышленности

Культивируемые клетки сохраняют способность синтезировать многие вещества, свойственные исходным растениям. Поэтому, если выращивать клеточные массы в специальной аппаратуре, можно в промышленных масштабах получать многие биологически активные растительные продукты.

Конечно, такое производство должно выдерживать конкуренцию с традиционным получением сырья (растущими дико или на плантациях растениями) и микробиологическим синтезом. В этом отношении клеточные технологии имеют серьезные преимущества. С их помощью можно получать продукт независимо от климата (скажем, привлекать тропические растения), сезона и погоды. Кроме того, удобно оптимизировать условия выращивания, автоматизировать и компьютеризировать процесс. При этом следует учесть, что запасы диких растений быстро истощаются, а выращивать их на плантациях зачастую весьма сложно. Нако
веществ, продуцируем
тений, опреде
точных техн
тезом.

Свойств

СТО ЛЕТ НАЗАД

Бельгийский гистолог Э. Бенеден первым описал клеточный центр (центрозому) и указал на его роль в процессе деления.

Немецкий зоолог и теоретик эволюционного учения А. Вейсман делает важные заключения о протекании партеногенеза — одной из форм полового размножения организмов, при котором женские яйцеклетки развиваются без оплодотворения.

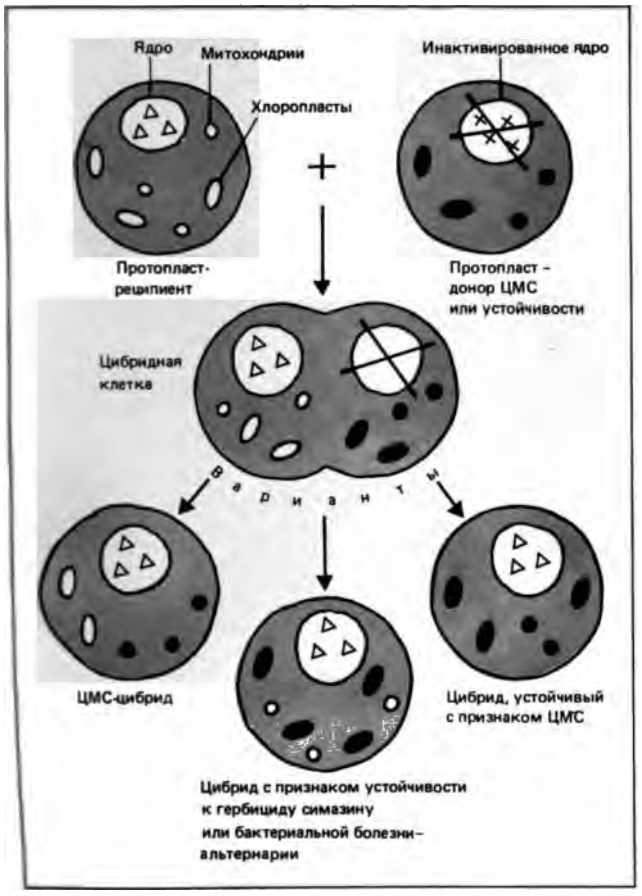


Рис. 10. Схема слияния протопластов для переноса признаков, связанных с цитоплазматическими генами. Протопласт-донор может нести в цитоплазматических генах признаки устойчивости к гербициду симазину, болезня альтернария и признак так называемой цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). ЦМС — дефект развития мужской половой системы растения, который связывают с особыми структурами митохондриального генома. Растения с ЦМС играют важную роль в селекции.

выше было названо вариабельностью геномов, далеко выходящей за рамки видовой изменчивости исходных растений, дает возможность получать на их основе принципиально новые продукты с антиканцерогенной и антивирусной активностью, ферменты, разрушающие белки, необычные красители и др. Перспективно также использовать клетки в жидкой среде или иммобилизованные на носителях-гелях для биоконверсии, к которой не способны микроорганизмы, т. е. превращать одно химическое соединение в другое, если первое — дешевое, а второе — очень ценное.

[illegible]ествуют и трудности. Главная—
[illegible] (15—21 день) поддержи-
[illegible]ность процесса и недо-
[illegible]ногих искомых про-
[illegible]нтересовано в том,
[illegible]гудент создавал в

короткий срок большую массу с высоким содержанием продукта или выделял продукт в среду.

Методы генетики микроорганизмов помогли к настоящему времени создать клеточные штаммы-продуценты, синтезирующие продукт в таких же или превосходящих растение количествах. Число штаммов-сверхпродуцентов быстро увеличивается. Ускорение деления клетки, создание штаммов, устойчивых к стрессам выращивания в жестких аппаратурных условиях, требует специальных усилий генетиков и биотехнологов. Имея в руках очень хороший клеточный штамм, они обязаны подобрать для него оптимальный режим выращивания, иначе его положительные свойства могут не проявнться.

На рост клеток и накопление ими нужного продукта действуют компоненты питательной среды, температура, освещение, содержание газов: кислорода, углекислого газа, этилена. Часто оптимум этих факторов не совпадает, и требуется двухступенчатое выращивание. Сначала, к примеру, идет накопление массы, затем она переносится в другой аппарат, где условия благоприятны для синтеза продукта.

Переход от научных разработок к промышленному получению продуктов с использованием клеточных культур только начинается и рентабелен пока лишь для очень важных и высокоценных веществ. Япония, например, получает лекарственные вещества шиконин с широким антисептическим действием из культивируемых клеток воробейника и убихинон-10 из клеток табака, ФРГ — розмариновую кислоту из клеток колеуса. В нашей стране на основе штамма и научных разработок, проведенных в Институте физиологии растений АН СССР, и технологии, разработанной ВНИИ Биотехники Министерства медицинской и микробиологической промышленности СССР, биохимические заводы выпускают клеточную массу женьшеня, а парфюмерная промышленность — лосьоны, кремы, шампуни с добавлением экстрактов биологически активных веществ из этой массы.

Итак, новый экспериментально созданный биологический объект, новое научное направление, нетрадиционные технологии. Последних пока еще немного. Несомненно, углубление знаний о биологии культивируемых клеток высших растений откроет возможности для создания и других технологий, кроме тех, возможность и польза которых ясны нам уже сейчас.

ВСЕЛЕННАЯ

Исследовать причины главнейших явлений — именно в этом состоит блаженство познания природы, наблюдаемой в небесных явлениях, и всего, что способствует ближайшему достижению этой цели.

Эпикур

Н. С. КАРДАШЕВ, И. А. СТРУКОВ
Спутниковый радиоастрономический эксперимент «Реликт»: поиск ведут «археологи» Вселенной

И. ИБЕН МЛАДШИЙ, А. В. ТУТУКОВ
Сверхновые типа I— взрывающиеся двойные звезды

Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Человек в открытом космосе

Николай Семенович КАРДАШЕВ (р. 1932) — радиоастроном, член-корреспондент АН СССР, заместитель директора Института космических исследований АН СССР, член бюро Научного совета по проблеме «Радиоастрономия» АН СССР, вице-президент Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР), научный руководитель эксперимента «Реликт».

В 1955 окончил механико-математический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и стал сотрудником Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга. С момента учреждения Института космических исследований в 1967 работает в нем сначала заведующим лабораторией, а затем (с 1977) — заместителем директора.

В 1963 Н. С. Кардашеву присуждена ученая степень кандидата, а в 1965 — доктора физико-математических наук. В 1976 он избран членом-корреспондентом АН СССР.

Автор около 100 работ, посвященных радиоастрономическим наблюдениям и теоретическим проблемам современной астрофизики. Им предсказано высоковозбужденное состояние атомов водорода и других элементов в межзвездной среде и существование их излучения в радиолиниях. Он занимается исследованием газовых структур в Галактике, непрерывных спектров радиоисточников с релятивистскими электронами, нейтронных звезд — пульсаров и ядер галактик, а также радиокосмологией.

Особенно большое внимание Н. С. Кардашев уделяет развитию нового направления науки — внеатмосферной радиоастрономии. За создание первого в мире космического радиотелескопа КРТ-10 и проведение с ним экспериментальных работ на борту долговременной орбитальной станции «Салют-6» ему вместе с группой авторов присуждена в 1980 Государственная премия СССР.

Игорь Аркадьевич СТРУКОВ (р. 1937) — специалист в области радиофизики, кандидат физико-математических наук, заведующий отделом Института космических исследований АН СССР, заместитель научного руководителя эксперимента «Реликт».

Окончил в 1960 Орловский государственный педагогический институт, а в 1963 — аспирантуру Московского государственного педагогического института имени В. И. Ленина. До 1969 руководил сектором проблемной радиофизической лаборатории того же института, а затем лабораторией в Институте космических исследований АН СССР.

И. А. Струков много лет занимается исследованием физических процессов в полупроводниковых приборах под действием СВЧ-поля, определяющих предельную чувствительность радиоприемных устройств, разработкой радиоастрономической аппаратуры, предназначеиной для изучения глобальной структуры Вселенной.

Им сделано несколько изобретений. Автор свыше 100 печатных работ.

Н. С. КАРДАШЕВ, И. А. СТРУКОВ

Спутниковый радиоастрономический эксперимент «Реликт»: поиск ведут «археологи» Вселенной

Космологи надеются, что, детально изучив свойства фонового радиоизлучения, заполняющего Вселенную, они смогут найти экспериментальные доказательства своим пока по преимуществу гипотетическим теориям. Однако этот новый объект астропомических исследований оказался весьма строптивым: построить первые карты распределения фопового излучения по пебеспой сфере удалось лишь два десятилетия спустя после его открытия

Современная экспериментальная космология отсчитывает свое начало от открытия американским астрономом Э. П. Хабблом в 1929 г. факта убегания от нас галактик со скоростью, пропорциональной их расстоянию до наблюдателя. Этот результат вместе с пионерскими теоретическими работами А. А. Фридмана по решению уравнений тяготения Эйнштейна, относящимися к 1922—1924 гг., стал фундаментом, на который опираются исследования эволюции Вселенной как целого.

Однако наиболее бурный этап в развитии космологии начался после обнаружения в 1965 г. фонового космического радиоизлучения, которое подтвердило справедливость «горячей» модели ранней Вселенной, предложенной в 1948 г. Г. А. Гамовым и его сотрудниками. По этой теории Вселенная когда-то начала расширяться из сверхплотного, сверхгорячего состояния, в котором на каждую ядерную частицу приходилось порядка миллиарда фотонов. Расширяясь, Вселенная постепенно охлаждалась. Вначале (10—20 млрд. лет назад) вещество и излучение находились в равновесном состоянии, т. е. имели одинаковую температуру.

В какой-то момент (примерно через 300 тыс. лет после начала расширения) излучение перестало взаимодействовать с веществом, и в дальнейшем они продолжали расширяться независимо друг от друга.

Перед разделением вещества и излучения температура была около 4000 К. По мере расширения Вселениой температура излучения падает, и в настоящее время это излучение, тепловое по своей природе, возникшее 10—20 млрд. лет назад и регистрируемое как фоновое космическое, имеет температуру около 2,7 К.

В зависимости от плотности вещества во Вселенной ее наблюдаемое расширение может или продолжаться неограниченно долго, или через некоторое время прекратиться и смениться сжатием. Теоретические модели и наблюдаемая скорость расширения дают критическое значение современной плотности вещества, разделяющее эти две возможности — приблизительно 10^{-29} г·см$^{-3}$.

Если плотность вещества больше критической, то преобладает гравитационное притяжение и Вселенная со временем перестанет расширяться и начнет сжиматься. Пространство в таком случае имеет положительную кривизну, а Вселенная оказывается замкнутой. Если же плотность меньше критической, то расширение будет беспредельным, кривизна пространства — отрицательной, а Вселенная — открытой. Наконец, если плотность точно соответствует критической, то мы имеем дело с обычным «плоским» пространством и замедляющимся расширением. Заметим, что плотность видимой (наблюдаемой нами) материи находится в пределах 0,02—0,1 от критической.

Локальное распределение видимого вещества в пространстве далеко не однородно. Галактики (средняя их масса — 10^{11} масс Солнца) и их скопления (10^{14} масс Солнца) в свою очередь группируются в громадные слоистые и волокнистые структуры, имеющие размеры порядка 100 млн. световых лет и массу 10^{15} — 10^{16} масс Солнца. Одновременно существуют области размером от 100 до 400 млн. световых лет, практически лишенные галактик*. Несмотря на свою ячеисто-сетчатую структуру, Вселенная в больших масштабах все-таки однородна и изотропна, т.е. у нее одинаковы и распределенне материи, и свойства пространства по всем направлениям. Наблюдаемую сильную неоднородность Вселенной в масштабах галактик, скоплений и более крупных структур обусловили ранние этапы эволюции Вселенной. Уже тогда обязательно должны были быть области хотя бы небольшого

* Об этом, а также об упоминаемой ниже проблеме «скрытой массы» см. статью Я. Э. Эйнасто и Я. А. Яанисте «Круг замыкается, или рассказ о том, как космология участвует в решении фундаментальных проблем физики микромира» в ежегоднике «Наука и человечество. 1985». — *Ред.*

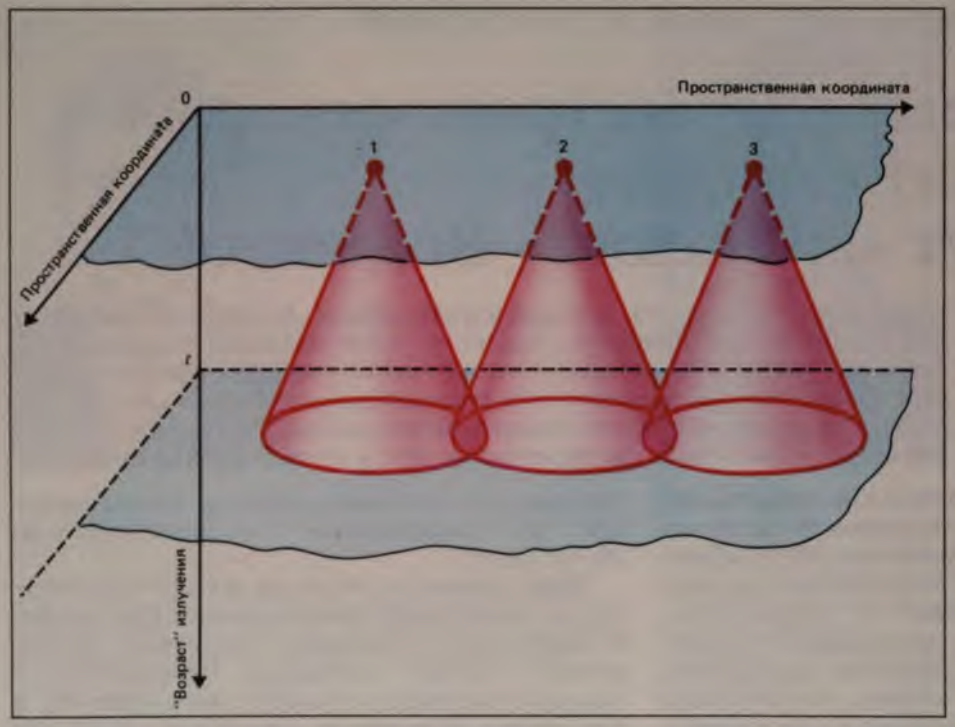


Рис. 1. «Горизонты» трех условных наблюдателей для случая двухмерного пространства (две пространственные координаты). Чем больше временной интервал, разделяющий моменты возникновения излучения и его регистрации (чем больше «возраст» излучения), тем больше диаметр окружности, с которой сигнал доходит до наблюдателя (в привычном нам трехмерном пространстве это была бы сфера). Совокупность расходящихся в прошедшем времени окружностей образует «световой» конус наблюдателя (для каждого свой). Если излучение было испущено *t* лет назад (его «возраст» *t*), то наблюдатель *2* уже получает информацию из областей расположения обоих своих соседей (его конус пересекся с их конусами), а *1* и *3* обмениваться ею еще не могут (их конусы не пересеклись)

сгущения или разрежения вещества и излучения, рассеянные по всему пространству.

Области с первоначально повышенной плотностью, из которых образовалась современная структура Вселенной, должны были запечатлеться и в фоновом радиоизлучении, сохранившемся с тех времен. Его интенсивность должна зависеть от направлений наблюдения, поскольку она непосредственно связана с распределением плотности вещества и скоростями его движения вдоль каждого из них.

По стандартной «горячей» модели Вселенной на стадии развития, предшествовавшей современной, излучение было доминирующей составляющей. Предполагается, что вещество состояло из долгоживущих частиц, существование которых физики твердо установили: протонов, нейтронов, электронов, фотонов, нейтрино (причем масса нейтрино принимается равной нулю), возможно, гравитонов. Тяжелые короткоживущие частицы по мере охлаждения Вселенной при ее расширении распадались на долгоживущие.

Античастицы (антипротоны, антинейтроны и т. д.) также исчезают, аннигилируя с частицами, причем то, что вещество сохранилось до наших дней, обусловлено превосходством числа частиц над числом античастиц, которое обозначилось уже на очень раннем этапе (примерно через 10^{-28} с от начала расширения). В эту эпоху сколько-нибудь заметного локального увеличения плотности произойти не могло, поскольку высокое давление излучения предотвращает сильное гравитационное скучивание на любых масштабах.

Из-за взаимодействия вещества и излучения Вселенная в тот момент была мутной, непрозрачной, а следовательно, и ненаблюдаемой в электромагнитном диапазоне. Просветление Вселенной наступает вследствие рекомбинации — образования атомарного водорода путем слияния свободных электронов с протонами.

Процесс рекомбинации как раз и происходит, когда возраст Вселенной достигает 300 тыс. лет. Связанные в нейтральных атомах электроны значительно слабее рассеивают фотоны, поэтому-то и прекращается взаимодействие излучения с веществом, а излучение, оторвавшись от вещества, продолжает уже расширяться независимо от него.

В тех местах, где плотность вещества в момент рекомбинации превышала хотя бы на ничтожную долю среднюю, температура излучения также была больше средней. Рекомбинация водорода, сделав Вселенную прозрачной, вскрыла для нас все эти неоднородности. Таким образом, вариации плотности вещества в эпоху прекращения рекомбинации должны были бы оставить свой отпечаток на распределении интенсивности фонового излучения по небу.

Произведя соответствующие измерения, мы можем как бы заглянуть в далекое прошлое Вселенной и увидеть ее радиообраз в возрасте 300 тыс. лет, который должен достаточно четко характеризовать распределение вещества в тот период. Причем фоновое излучение позволяет нам заглянуть в прошлое Вселенной гораздо дальше, чем любые другие известные астрономические объекты, и, как мы надеемся, даст воз-

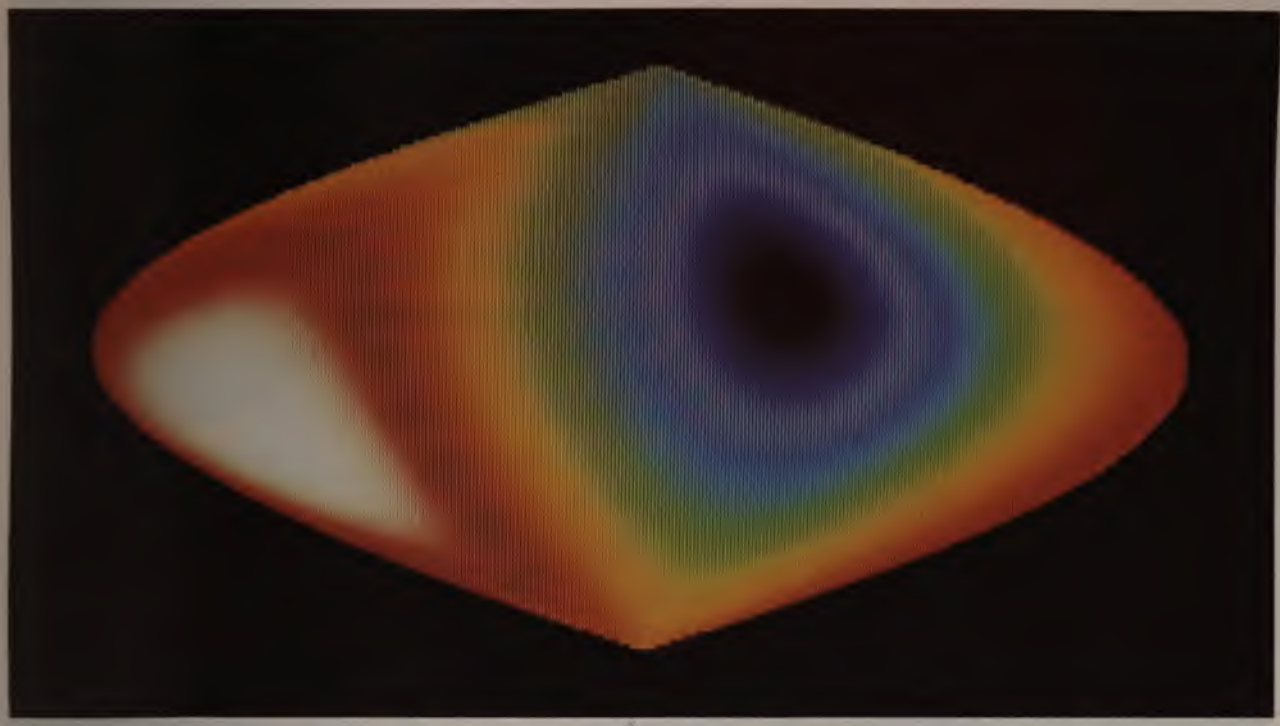


Рис. 2. Один из возможных модельных вариантов дипольной составляющей распределения радиояркостной температуры на небесной сфере (галактической плоскости соответствует горизонтальная ось симметрии). Температура растет от самых темных областей к самым светлым. Хорошо видны два (горячий и холодный) полюса, расположенные в противоположных точках небесной сферы. Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

можность рассмотреть через толщу времени те начальные возмущения плотности вещества, рост которых и привел к образованию галактик, их скоплений и сверхскоплений.

Радиотелескоп, ведущий наблюдения в разных направлениях, должен регистрировать разную интенсивность излучения. Иначе говоря, области на небесной сфере должны отличаться друг от друга радиояркостной температурой.

Как свидетельствуют оценки, сделанные по стандартным моделям эволюции Вселенной, разница в радиояркостных температурах у любых областей не превышает тысячных долей градуса Кельвина, т. е. нам нужно уметь определять вариации температуры 2,7 К, составляющие тысячные и даже еще меньшие доли градуса.

В момент образования первых звезд (0,5—1 млрд. лет от начала расширения) зародышевые области, из которых могли бы образоваться галактики и их скопления, имели, как предполагается, угловые размеры от $10'$ до 10°. Чтобы исследовать эти области, нужны радиотелескопы, угловое разрешение которых не хуже названных величин. Таким угловым разрешением обладают большие наземные радиотелескопы, например РАТАН-600 в СССР или РТ-100 в ФРГ. Для столь малых углов мешающее воздействие атмосферы Земли невелико, и наблюдения мелкомасштабных вариаций интенсивности можно вести с земной поверхности.

Однако попытки обнаружить мелкомасштабную анизотропию фонового излучения оказались безуспешными. По верхним оценкам, которые были получены в результате подобных исследований, плотность вещества в зародышевых областях оказалась слишком низкой для того, чтобы из них могли бы развиться наблюдаемые в настоящее время неоднородности в виде галактик, их скоплений и т. д.

Астрономов поразила также изотропность излучения на больших угловых масштабах. Согласно стандартным моделям развития Вселенной, фоновое излучение, которое приходит к нам из точек на небесной сфере, отстоящих одна от другой более чем на 5°, возникло в областях, причинно не связанных друг с другом.

Поясним сказанное на простейшем примере. Поскольку скорость света и время, прошедшее от начала расширения, конечны, мы получаем возможность с течением времени видеть все более далекие объекты и обозримой становится все большая часть Вселенной. На рис. 1 изображены «горизонты» для трех условных наблюдателей, находящихся в трех точках пространства (для простоты двухмерного). Центральный наблюдатель *2* может получать информацию из областей расположения обоих своих соседей, в то время как наблюдатели *1* и *3* еще не могут ею обменяться.

Получается, что события, происшедшие в

областях *1* и *3* и являющиеся причинно несвязанными, могут одновременно регистрироваться центральным наблюдателем, которого, естественно, удивляет одинаковость этих событий (в нашем случае изотропность излучения на угловых масштабах больше 5°).

В рамках стандартных моделей не было ответа на вопрос, почему две развивающиеся независимо области Вселенной имеют столь одинаковую плотность. Перечень вопросов, на которые не в состоянии были ответить прежние теории развития Вселенной, можно было бы продолжить и далее.

В последнее десятилетие под напором экспериментальных фактов в космологии произошел существенный пересмотр господствующих взглядов и идей. Успехи физики элементарных частиц привели к возникновению теорий Великого Объ-

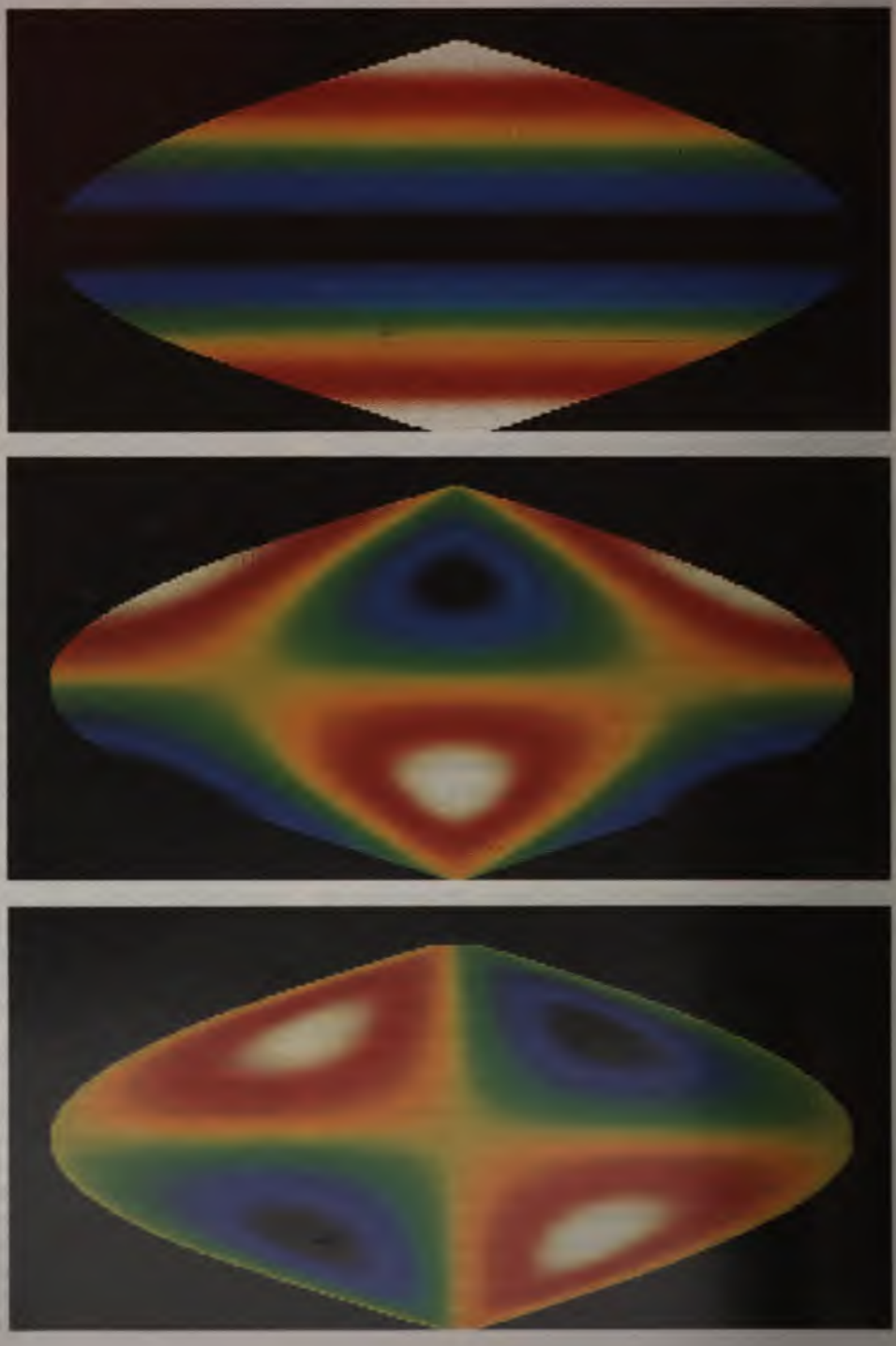


Рис. 3. Пять компонентов квадрупольной составляющей распределения радиояркостной температуры на небесной сфере (галактическая плоскость проходит через горизонтальную ось симметрии). Температура растет от самых темных областей к самым светлым. Подбирая соответствующим образом разность максимальной и минимальной температур (амплитуду) для каждого из компонентов и суммируя компоненты, можно получить любой вариант квадрупольной составляющей (см. рис. 4). Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

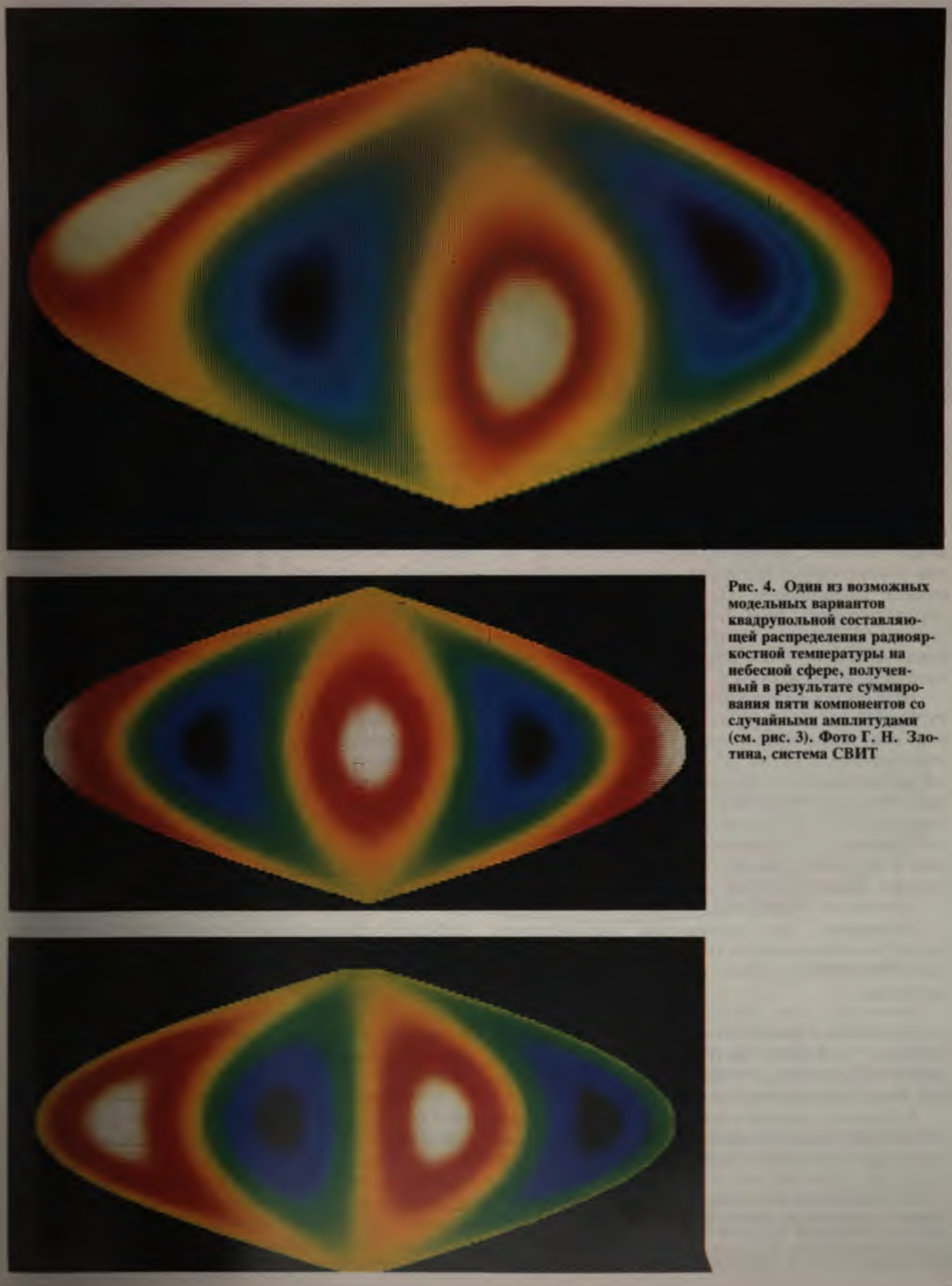


Рис. 4. Один из возможных модельных вариантов квадрупольной составляющей распределения радиояркостной температуры на небесной сфере, полученный в результате суммирования пяти компонентов со случайными амплитудами (см. рис. 3). Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

Рис. 5. Радиотелескоп, который использовался в эксперименте «Реликт», поставленном на спутнике «Прогноз-9». Опорный конический рупор направлен влево, а измерительная антенна (ее рупор) смотрит на нас. Справа расположен радиометр

единения, которые в значительной степени изменили сценарии развития Вселенной. Речь идет об общей природе сильного (ядерного), слабого и электромагнитного взаимодействий, единство которых явно проявляется только при чудовищно высоких температурах — больше 10^{28} К, что соответствует временам, меньшим 10^{-35} с от начала расширения. При такой температуре определяющую роль играют гипотетические частицы — бозоны Хиггса, а основная составляющая материи — так называемый ложный (или возбужденный) вакуум*.

При охлаждении Вселенной ниже температуры 10^{28} К происходит фазовый переход, энергия вакуума трансформируется в энергию вещества: внутри вакуума образуются очень быстро расширяющиеся «пузырьки» из частиц и излучения. Размеры «пузырька» при его возникновении порядка 10^{-25} см, а после расширения — 10^{800} см, что значительно превышает размеры наблюдаемой в настоящее время части Вселенной, характерный размер которой порядка 10^{28} см.

Что из этого следует?

Во-первых, до расширения наблюдаемая часть Вселенной имела очень малые размеры и все наблюдаемые области были причинно связанными.

Во-вторых, вся наблюдаемая часть Вселенной составляет лишь незначительную долю «пузырька», который почти однороден. Это в какой-то мере может объяснить, почему Вселенная представляется нам однородной.

В-третьих, из идеи очень сильного раздувания Вселенной непосредственно вытекает, что современная плотность вещества во Вселенной близка к критической. При столь бурном расширении пространство становится «плоским», не имеющим кривизны. Аналогичным образом при раздувании небольшого шарика до размеров Земли мы получаем практически плоскую граничную поверхность, с гораздо меньшей кривизной, чем у исходной. Как уже говорилось, «плоское» пространство соответствует Вселенной с критической плотностью вещества.

Плотность видимого вещества гораздо меньше критической, и чтобы выравнять их, нужно найти носителя «скрытой массы». Кандидатами на эту роль могут быть и маломассивные слабосветящиеся звезды, и планетоподобные тела, и первичные черные дыры, и «струны» — сохранившиеся нитевидные образования из возбужденного вакуума, и труднорегистрируемые элементарные частицы (нейтрино, аксионы, фотино, гравитино).

Характер флуктуаций плотности в момент разделения излучения и вещества определяется типом носителя «скрытой массы». Стало быть, по полученным при радиокартографировании небесной сферы радиообразам можно было бы установить тип носителя «скрытой массы».

Здесь стоит обратить внимание на то, что картографирование фонового излучения дает ценнейшую информацию не только космологам, но и физикам, занимающимся изучением явлений микромира, ведь температуры, при которых совершается упомянутый выше фазовый переход, недостижимы в лабораторных условиях.

Отсутствие вариаций радиояркости на небольших угловых масштабах заставило теоретиков сделать дополнительное предположение о более поздней ионизации среды в момент, когда начали образовываться первые звезды, — ионизации, при которой Вселенная вновь мутнеет и становится непрозрачной для излучения.

Вторичная ионизация, при которой происхо-

* Об этом, а также о теориях Великого Объединения и фазовых переходах см. статью Д. А. Киржница и А. Д. Линде «Фазовые превращения в физике элементарных частиц и космологии» в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

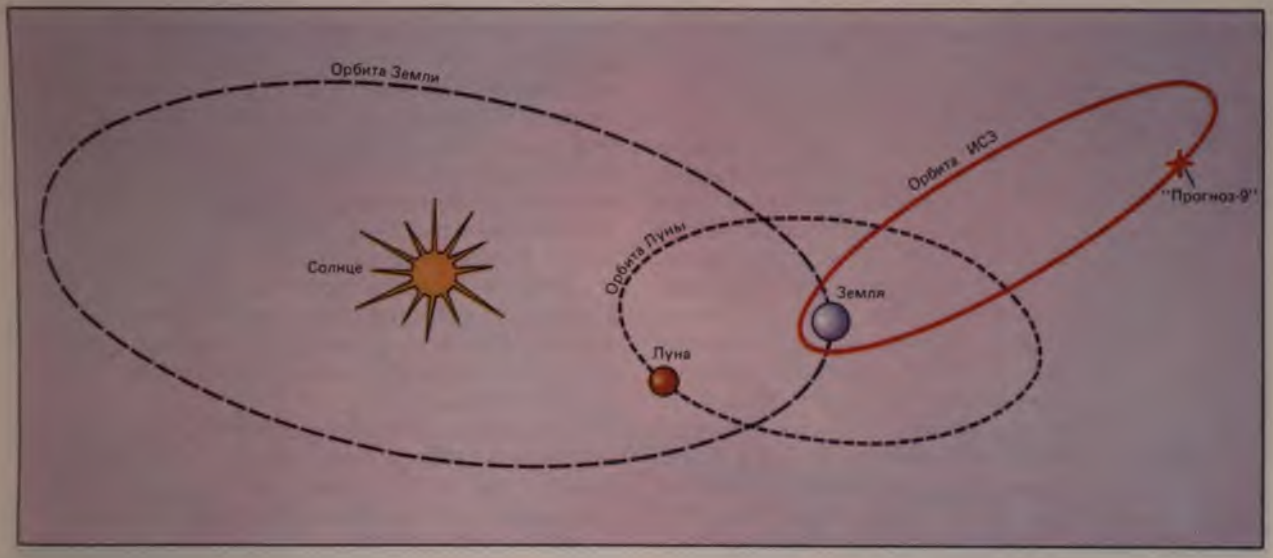


Рис. 6. Схема движения спутника «Прогноз-9» по орбите вокруг Земли. По размеру орбиты «Прогноза-9» и Луны соизмеримы (орбита движения Земли вокруг Солнца гораздо больше)

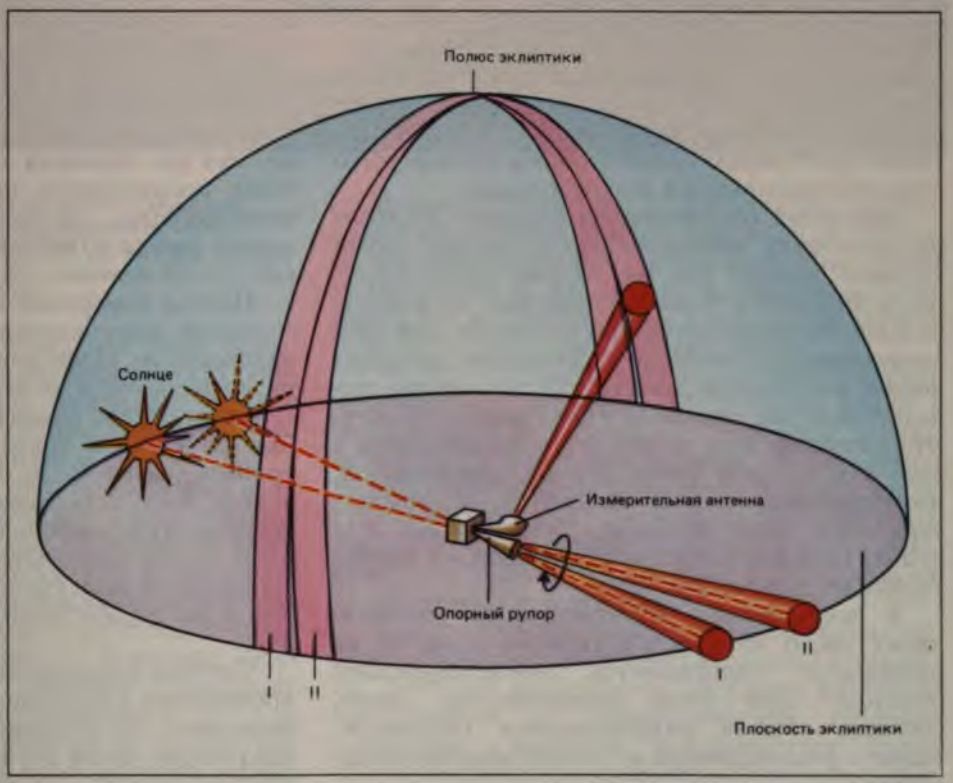


Рис. 7. Схема картографирования небесной сферы, осуществлявшегося радиотелескопом «Реликт» со спутника «Прогноз-9». Опорный рупор смотрит в антисолнечном направлении, а луч измерительной антенны в результате вращения спутника описывает на небесной сфере кольцо, проходящее через полюс эклиптики. За счет орбитального движения Земли ось вращения спутника смещается относительно Солнца. Для компенсации смещения раз в неделю проводилась переориентация спутника: I — направление оси опорного рупора и картографируемое кольцо до очередной переориентации; II — то же, но после нее

дит сильное рассеяние фонового излучения, потребовала бы серьезных изменений в программах наблюдения радиофона. Во-первых, рассеяние фонового излучения в эпоху вторичной ионизации стерло бы всю (или почти всю) информацию о распределении вещества при первичной рекомбинации в масштабах менее 5°. Во-вторых, мы вправе ожидать более неоднородного распределения вещества в эту эпоху, чем после первичной рекомбинации, что в свою очередь проявится на карте фонового излучения. В-третьих, процесс рекомбинации водорода протекает при вторичной ионизации медленно, и, стало быть, излучение приходит к нам одновременно из разноудаленных слоев Вселенной, вследствие чего ее наблюдаемый радиообраз «расплывается».

Если «непрозрачность» ионизованного газа, образовавшегося во время вторичной ионизации, окажется большой, то мы сможем, заглянув в далекое прошлое Вселенной, увидеть ее структуру только в очень крупных масштабах, превышающих 5°.

Итак, если Вселенная в своем развитии

прошла через стадию вторичной ионизации, то основные сведения об ее ранней истории будут заключены в крупномасштабной анизотропии.

Изучая по экспериментальным данным крупномасштабное распределение интенсивности радиоизлучения на небесной сфере и сравнивая полученные результаты с теоретическими предсказаниями, можно будет отбраковывать те или иные предлагающиеся космологические модели.

Здесь следует отметить, что за неоднородность радиояркостиой температуры ответственно не только неравномерное распределение вещества во Вселенной, но и движение Земли и Солнечной системы относительно фонового излучения. За счет эффекта Доплера температура принимаемого излучения должна быть несколько выше в направлении нашего движения и ниже в обратном направлении.

Чтобы легче было исследовать радиообразы, распределение радиояркостной температуры по небесной сфере представляют в виде суммы простейших составляющих (нечто аналогичное принято делать при изучении сложного колебательного процесса, когда его разлагают на гармонические, синусоидальные составляющие). К таким простейшим составляющим прежде всего относятся дипольная и квадрупольная.

Дипольная составляющая выделяет из всего распределения двухполюсную структуру, карта которой состоит как бы из двух областей — более холодной и более горячей (рис. 2). Квадрупольная (четырехполюсная) составляющая дает следующее приближение к истинному распределению, и ее радиокарта для небесной сферы распадается на две холодные и две горячие области. Эта составляющая может быть представлена в виде суммы пяти элементарных компонентов, изображенных на рис. 3. Один из возможных вариантов квадрупольной составляющей как суммы пяти компонентов со случайными амплитудами показан на рис. 4.

У последующих мультипольных составляющих число холодных и горячих областей на радиокарте увеличивается соответствующим образом. При этом интенсивность пятен, согласно модели раздувающейся Вселенной, падает с ростом номера мультипольной составляющей.

Наблюдаемая радиокарта есть наложение всех мультипольных составляющих.

Теперь вернемся к дипольной составляющей. Чем быстрее относительно фона движется наблюдатель, тем горячее будет находящийся в направлении движения полюс излучения и тем холоднее излучение, приходящее из противоположного направления. Определив, где находятся полюсы дипольной составляющей на небесной сфере, и измерив их температуру, можно найти вектор (направление и величину) скорости *нашего движения* относительно системы отсчета, привязанной к фоновому излучению. Оказалось, что эта скорость существенно отличается от скорости относительно ближайших скоплений галактик. Можно предположить, что на огромном расстоянии от нас, вне пределов видимости самых мощных радиотелескопов, находится сгусток вещества, который гравитационно притягивает к себе нашу Галактику и ее соседок и порождает упомянутое различие в скоростях.

Итак, историю и структуру Вселенной можно изучать по эксперимеитальным радиояркостным картам фонового излучения. Однако, чтобы их построить, нужно сначала выполнить соответствующие измерения.

При создании измерительного комплекса экспериментаторы прежде всего сталкиваются с самой главной проблемой: какова должна быть чувствительность приемного устройства, способного зарегистрировать очень малые вариации радиояркостиой температуры на небесной сфере, насколько различаются температуры наиболее горячего и наиболее холодного пятен?

За семилетие (время подготовки нашего эксперимента «Реликт») исследования, проведенные с поверхности Земли и аэростатов, показали, что для изучения крупномасштабной структуры космического фона нужна аппаратура, позволяющая регистрировать чрезвычайно малые (около 0,00002 К) различия в температурах.

Первые измерения были осуществлены двумя группами американских ученых из Калифорнийского и Принстонского университетов в радиодиапазоне и их итальянскими коллегами*.

Вскоре стало очевидно, что в любых масштабах флуктуации яркости имеют очень низкий уровень (менее 0,1% от температуры фона), и акцент был перенесен на задачу нахождения дипольной составляющей, обусловленной движением Солнечной системы относительно фона. Однако и ее решение потребовало более 10 лет. Какие же трудности стояли на пути исследователей?

Сначала наблюдения реликтового излучения проводились с поверхности Земли, и первым препятствием, на которое натолкнулись экспериментаторы, были поглощение и переизлучение микроволнового радиоизлучения атмосферой. Особенно сильно сказывается на качестве измерений присутствие в ней водяного пара, содержание которого сильно меняется от одного места к другому и со временем и который увеличивает шумы при регистрации слабых сигналов. Стремясь избежать мешающего воздействия водяного пара, исследователи пытались работать на длинах волн больше 3 см, на которых атмосфера

* См. статью Ф. Мелькиорри и Б. Оливо-Мелькиорри «Экспериментальная проверка космологических теорий» в ежегоднике «Наука и человечество. 1984». — *Ред.*

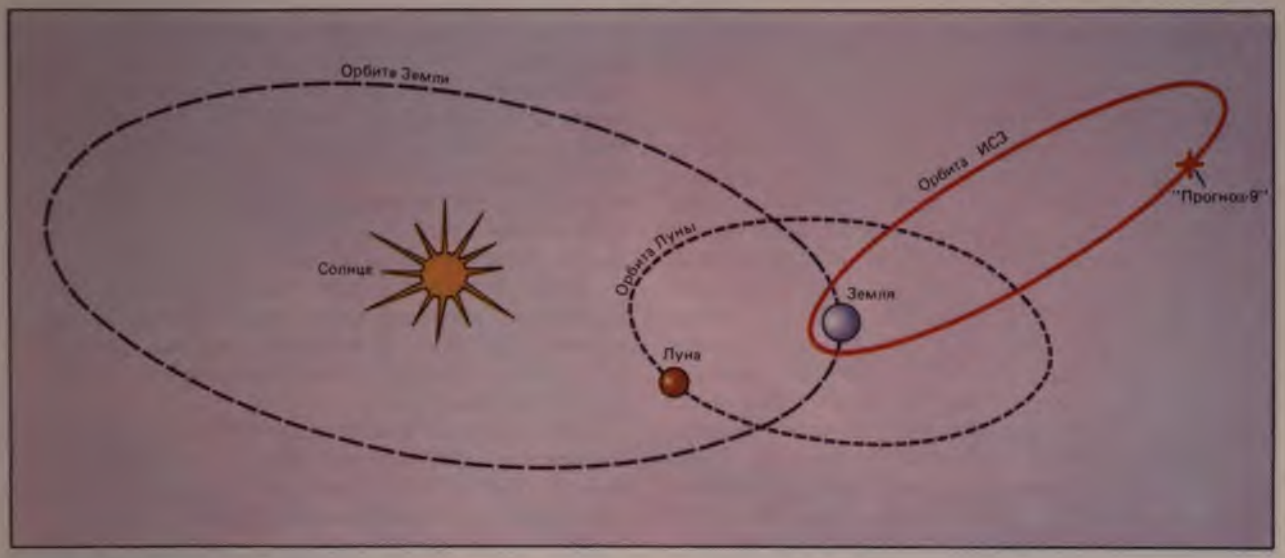


Рис. 6. Схема движения спутника «Прогноз-9» по орбите вокруг Земли. По размеру орбиты «Прогноза-9» и Луны соизмеримы (орбита движения Земли вокруг Солнца гораздо больше)

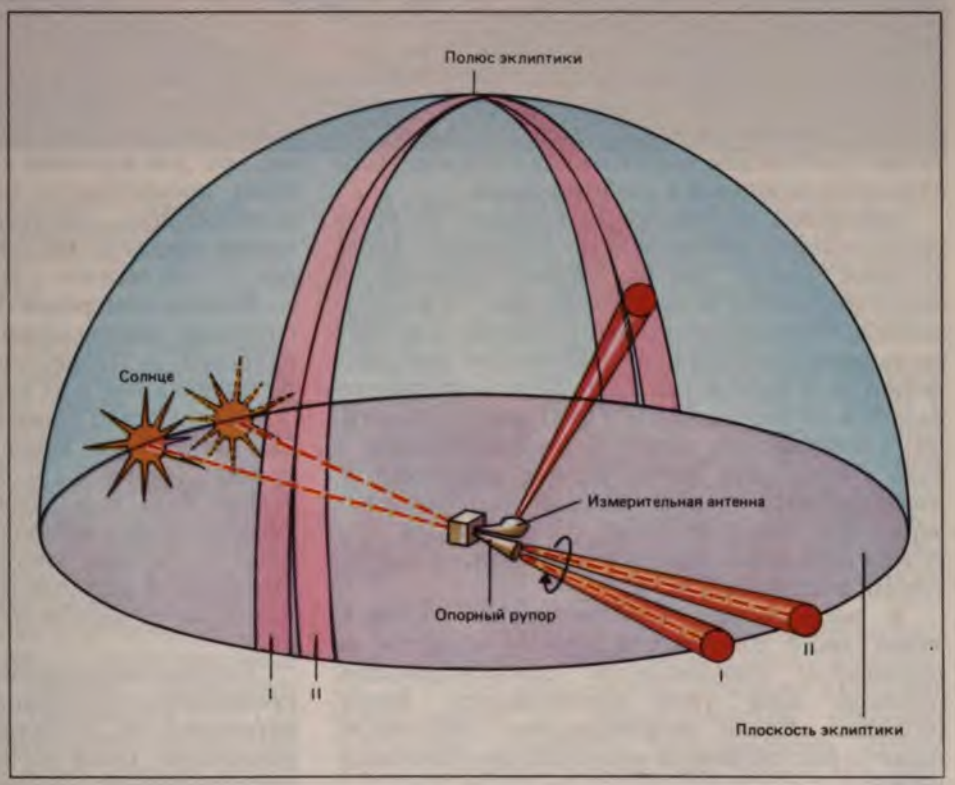


Рис. 7. Схема картографирования небесной сферы, осуществлявшегося радиотелескопом «Реликт» со спутника «Прогноз-9». Опорный рупор смотрит в антисолнечном направлении, а луч измерительной антенны в результате вращения спутника описывает на небесной сфере кольцо, проходящее через полюс эклиптики. За счет орбитального движения Земли ось вращения спутника смещается относительно Солнца. Для компенсации смещения раз в неделю проводилась переориентация спутника: I — направление оси опорного рупора и картографируемое кольцо до очередной переориентации; II — то же, но после нее

дит сильное рассеяние фонового излучения, потребовала бы серьезных изменений в программах наблюдения радиофона. Во-первых, рассеяние фонового излучения в эпоху вторичной ионизации стерло бы всю (или почти всю) информацию о распределении вещества при первичной рекомбинации в масштабах менее 5°. Во-вторых, мы вправе ожидать более неоднородного распределения вещества в эту эпоху, чем после первичной рекомбинации, что в свою очередь проявится на карте фонового излучения. В-третьих, процесс рекомбинации водорода протекает при вторичной ионизации медленно, и, стало быть, излучение приходит к нам одновременно из разноудаленных слоев Вселенной, вследствие чего ее наблюдаемый радиообраз «расплывается».

Если «непрозрачность» ионизованного газа, образовавшегося во время вторичной ионизации, окажется большой, то мы сможем, заглянув в далекое прошлое Вселенной, увидеть ее структуру только в очень крупных масштабах, превышающих 5°.

Итак, если Вселенная в своем развитии

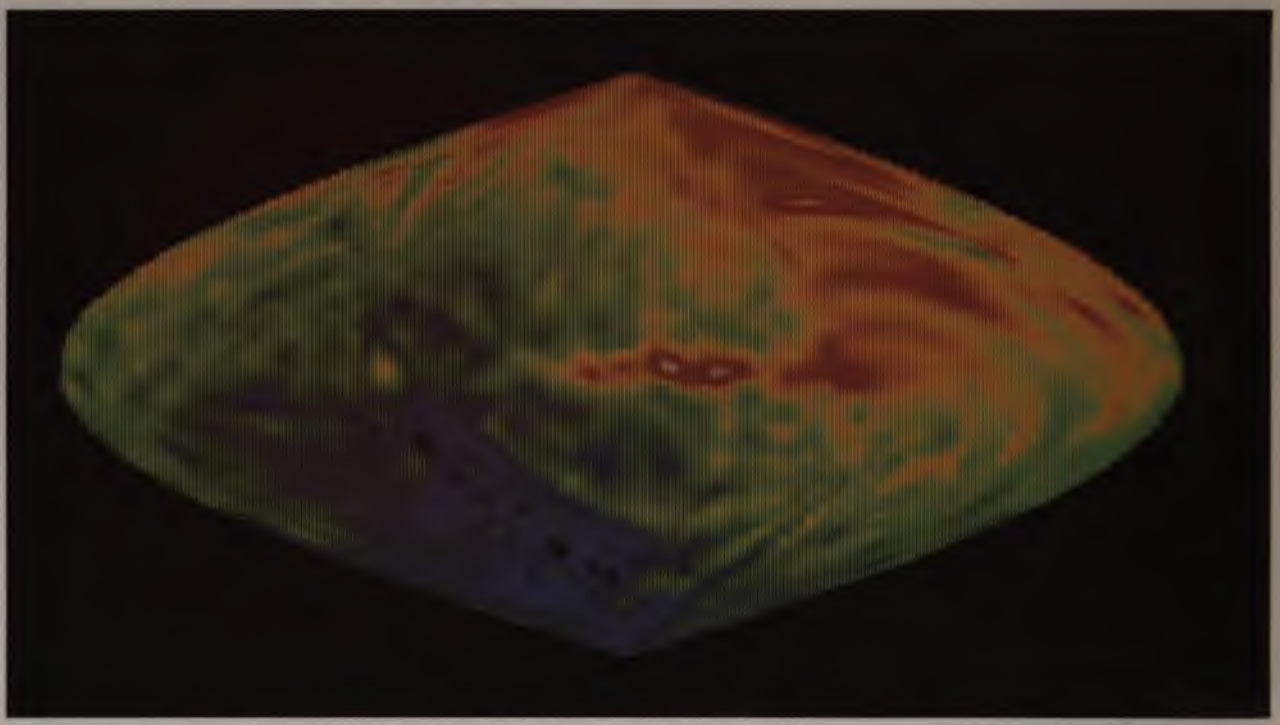


Рис. 9. Радиояркостная карта небесной сферы (диапазон длин волн 0,8 см), построенная по результатам космического эксперимента «Реликт». Температура падает при переходе от областей, отмеченных белым цветом (здесь она выше на 0,008 К среднефоновой), к областям темно-синего цвета (где она ниже на 0,003 К среднефоновой). Карта дана в галактической системе координат, в которой горизонтальная ось симметрии соответствует Млечному Пути (галактической плоскости). Хорошо видна дипольная составляющая распределения: горячий бело-красный полюс (вверху справа) и холодный сине-голубой (внизу слева). Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

ждаемой до температуры жидкого гелия и размещаемой на высотных самолетах, баллонах и зондах.

Мы надеялись, что, построив радиояркостную карту небесной сферы, отражающую угловое распределение космического фонового излучения, сможем оценить с большой достоверностью его максимальную амплитуду и другие характеристики, исследовать распределение слабых протяженных источников радиоизлучения на небесной сфере, уточнить параметры вектора скорости нашего движения относительно системы координат, связанной с реликтовым излучением.

Эксперимент проводился с июля 1983 г. по февраль 1984 г. с помощью разработанного в Институте космических исследований АН СССР радиотелескопа, установленного на борту автоматической станции «Прогноз-9».

Радиотелескоп состоит из радиометра и двух антенн: опорной рупорной с угловым разрешением 10°, постоянно ориентированной в направлении от Солнца, и измерительной рупорно-параболической с угловым разрешением около 6° (рис. 5). Измерительная антенна направлена под углом 90° к опорной и осматривает на небе кольцо при вращении спутника вокруг оси, *направленной на Солнце*. Благодаря этому

Рис. 10. Радиояркостная карта небесной сферы (диапазон длин волн 1,2 см), аналогичная карте на рис. 9 и построенная группой исследователей Принстонского университета по результатам измерений, которые проводились с помощью охлаждаемой до температуры жидкого гелия аппаратуры на высотных баллонах

можно сравнивать радиояркостные температуры вдоль кольца и в антисолнечной точке.

Конструкция антенн позволяет регистрировать излучение, приходящее практически только в пределах основного направления. Так, боковое излучение, поступающее в измерительную антенну под углом 90° к ее оси, ослаблено более чем в 10 млн. раз. Это необходимо для того, чтобы максимально уменьшить мешающее воз-

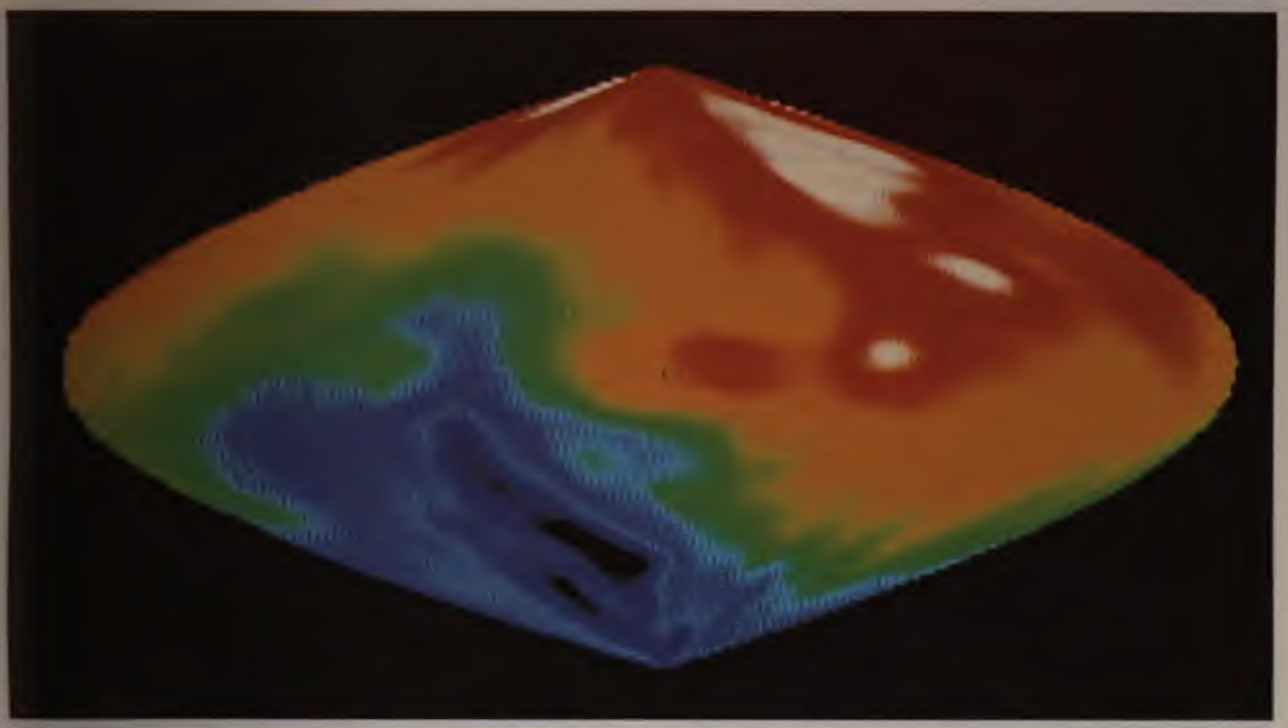


Рис. 11. Радиояркостная карта, представленная на рис. 9, после усреднения в масштабах 20°. Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

действие теплового излучения Земли, Луны и Солнца.

Спутник «Прогноз-9» был выведен на начальную сильно вытянутую орбиту с апогеем 720 тыс. км, перигеем 380 км, наклонением 65,5° и периодом обращения около 27 сут. Орбита выбиралась так, чтобы опять-таки свести к минимуму попадание в радиотелескоп теплового излучения Луны и Земли. Схема движения спутника по орбите вокруг Земли приведена на рис. 6.

Итак, спутник вращался вокруг оси, направленной на Солнце, с периодом 2 мин, а луч измерительной антенны за это время описывал на небесной сфере кольцо шириной 6° , проходящее через полюс эклиптики (рис. 7).

Изменение регистрируемой интенсивности радиоизлучения вдоль каждого кольца должно иметь синусоидальную составляющую (за счет дипольного распределения яркости), амплитуда которой линейно связана со скоростью нашего движения относительно фона и кроме того зависит от угла между этой скоростью и плоскостью кольца. При пересечении лучом измерительной антенны галактической плоскости должно наблюдаться увеличение интенсивности, за которое ответственно излучение Млечного Пути.

При однократной записи, соответствующей одному обороту спутника, полезные сигналы на кольце оказываются значительно ниже уровня шумов приемной системы. Чтобы выделить сигналы, требуется накопление записей. Поэтому каждое кольцо радиокартографировалось в течение семи дней. За неделю накапливалось около 5 тыс. его независимых записей, которые затем нужно было с учетом угла поворота спутника точно наложить одну на другую и просуммировать. В итоге чувствительность улучшается пропорционально квадратному корню из числа суммируемых записей. Чтобы измерить угол поворота, на спутнике был установлен звездный датчик, который фиксировал угол между осью измерительной антенны и плоскостью эклиптики.

В результате орбитального движения Земли угол между осью вращения спутника и направлением на Солнце менялся примерно на 1° в сутки. Поэтому раз в неделю проводилась переориентация оси вращения спутника, и затем картографировалось следующее кольцо. Выходные сигналы радиотелескопа записывались на бортовой магнитофон и в сеансах связи передавались на Землю.

За время проведения эксперимента измерения покрыли почти всю небесную сферу.

Несмотря на принятые меры, мешающее воздействие теплового излучения Земли и Луны все же оставалось основным источником систематических погрешностей в проведенном эксперименте. Поэтому число измерений, пригодных для обработки, сильно варьируется по небесной сфере (рис. 8).

Благодаря эксперименту «Реликт» впервые удалось построить радиояркостную карту небесной сферы в диапазоне длин волн 8 мм (рис. 9).

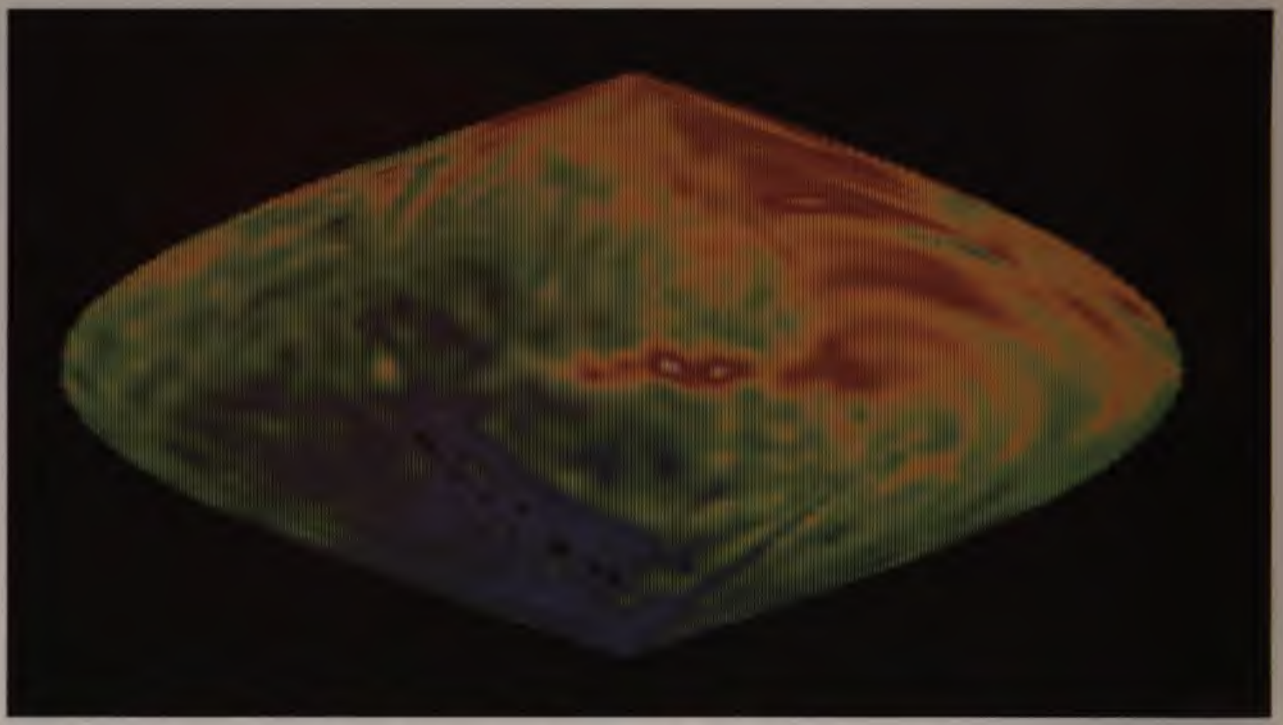


Рис. 9. Радиояркостная карта небесной сферы (диапазон длин волн 0,8 см), построенная по результатам космического эксперимента «Реликт». Температура падает при переходе от областей, отмеченных белым цветом (здесь она выше на 0,008 К среднефоновой), к областям темно-синего цвета (где она ниже на 0,003 К среднефоновой). Карта дана в галактической системе координат, в которой горизонтальная ось симметрии соответствует Млечному Пути (галактической плоскости). Хорошо видна дипольная составляющая распределения: горячий бело-красный полюс (вверху справа) и холодный сине-голубой (внизу слева). Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

ждаемой до температуры жидкого гелия и размещаемой на высотных самолетах, баллонах и зондах.

Мы надеялись, что, построив радиояркостную карту небесной сферы, отражающую угловое распределение космического фонового излучения, сможем оценить с большой достоверностью его максимальную амплитуду и другие характеристики, исследовать распределение слабых протяженных источников радиоизлучения на небесной сфере, уточнить параметры вектора скорости нашего движения относительно системы координат, связанной с реликтовым излучением.

Эксперимент проводился с июля 1983 г. по февраль 1984 г. с помощью разработанного в Институте космических исследований АН СССР радиотелескопа, установленного на борту автоматической станции «Прогноз-9».

Радиотелескоп состоит из радиометра и двух антенн: опорной рупорной с угловым разрешением 10°, постоянно ориентированной в направлении от Солнца, и измерительной рупорно-параболической с угловым разрешением около 6° (рис. 5). Измерительная антенна направлена под углом 90° к опорной и осматривает на небе кольцо при вращении спутника вокруг оси, направленной на Солнце. Благодаря этому

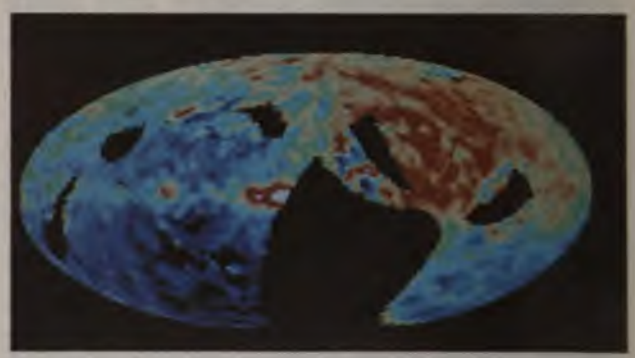


Рис. 10. Радиояркостная карта небесной сферы (диапазон длин волн 1,2 см), аналогичная карте на рис. 9 и построенная группой исследователей Принстонского университета по результатам измерений, которые проводились с помощью охлаждаемой до температуры жидкого гелия аппаратуры на высотных баллонах

можно сравнивать радиояркостные температуры вдоль кольца и в антисолнечной точке.

Конструкция антенн позволяет регистрировать излучение, приходящее практически только в пределах основного направления. Так, боковое излучение, поступающее в измерительную антенну под углом 90° к ее оси, ослаблено более чем в 10 млн. раз. Это необходимо для того, чтобы максимально уменьшить мешающее воз-

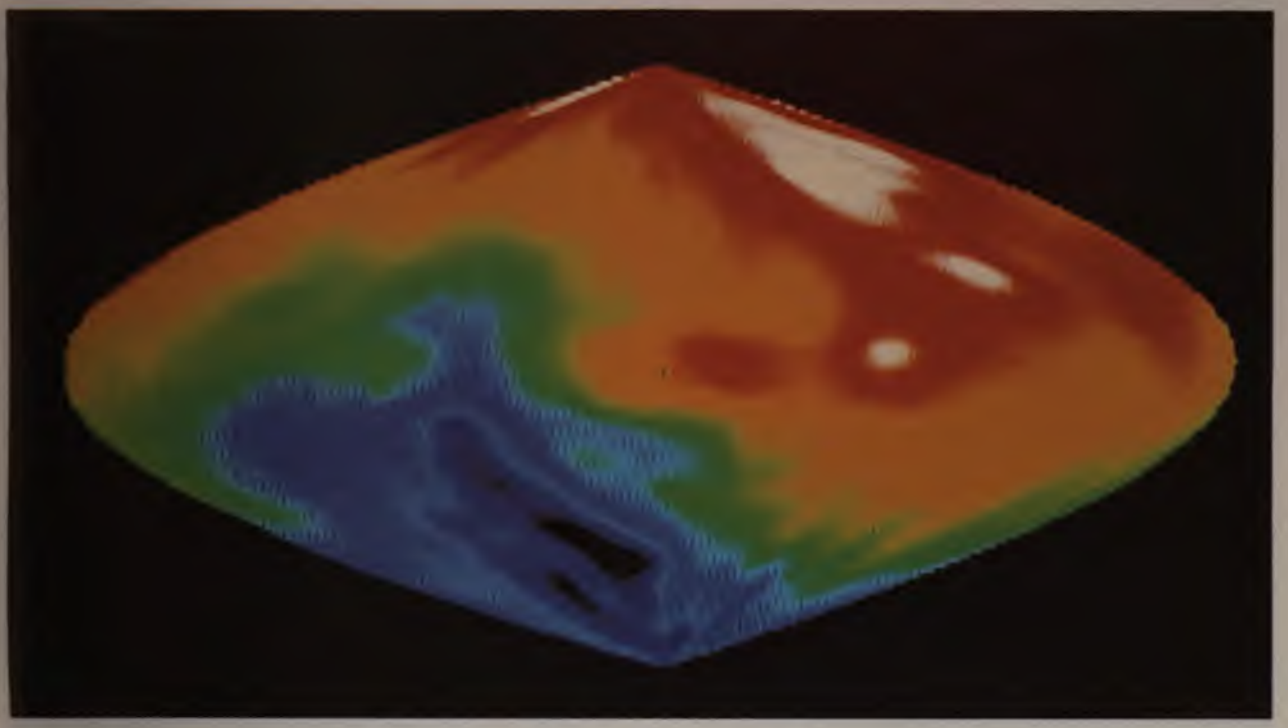


Рис. 11. Радиояркостная карта, представленная на рис. 9, после усреднения в масштабах 20°. Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

действие теплового излучения Земли, Луны и Солнца.

Спутник «Прогноз-9» был выведен на начальную сильно вытянутую орбиту с апогеем 720 тыс. км, перигеем 380 км, наклонением 65,5° и периодом обращения около 27 сут. Орбита выбиралась так, чтобы опять-таки свести к минимуму попадание в радиотелескоп теплового излучения Луны и Земли. Схема движения спутника по орбите вокруг Земли приведена на рис. 6.

Итак, спутник вращался вокруг оси, направленной на Солнце, с периодом 2 мин, а луч измерительной антенны за это время описывал на небесной сфере кольцо шириной 6° , проходящее через полюс эклиптики (рис. 7).

Изменение регистрируемой интенсивности радиоизлучения вдоль каждого кольца должно иметь синусоидальную составляющую (за счет дипольного распределения яркости), амплитуда которой линейно связана со скоростью нашего движения относительно фона и кроме того зависит от угла между этой скоростью и плоскостью кольца. При пересечении лучом измерительной антенны галактической плоскости должно наблюдаться увеличение интенсивности, за которое ответственно излучение Млечного Пути.

При однократной записи, соответствующей одному обороту спутника, полезные сигналы на кольце оказываются значительно ниже уровня шумов приемной системы. Чтобы выделить сигналы, требуется накопление записей. Поэтому каждое кольцо радиокартографировалось в течение семи дней. За неделю накапливалось около 5 тыс. его независимых записей, которые затем нужно было с учетом угла поворота спутника точно наложить одну на другую и просуммировать. В итоге чувствительность улучшается пропорционально квадратному корню из числа суммируемых записей. Чтобы измерить угол поворота, на спутнике был установлен звездный датчик, который фиксировал угол между осью измерительной антенны и плоскостью эклиптики.

В результате орбитального движения Земли угол между осью вращения спутника и направлением на Солнце менялся примерно на 1° в сутки. Поэтому раз в неделю проводилась переориентация оси вращения спутника, и затем картографировалось следующее кольцо. Выходные сигналы радиотелескопа записывались на бортовой магнитофон и в сеансах связи передавались на Землю.

За время проведения эксперимента измерения покрыли почти всю небесную сферу.

Несмотря на принятые меры, мешающее воздействие теплового излучения Земли и Луны все же оставалось основным источником систематических погрешностей в проведенном эксперименте. Поэтому число измерений, пригодных для обработки, сильно варьируется по небесной сфере (рис. 8).

Благодаря эксперименту «Реликт» впервые удалось построить радиояркостную карту небесной сферы в диапазоне длин волн 8 мм (рис. 9).

Карта характеризует фоновое излучение с угловым разрешением 6°; различимый контраст радиояркостной температуры — порядка 0,0005 К.

На карте отчетливо видна дипольная составляющая, обусловленная нашим движением относительно фона, и радиоизлучение Млечного Пути.

Для сравнения на рис. 10 приведена карта, построенная принстонской группой (диапазон длин волн — 1,2 см; охлаждаемый до температуры жидкого гелия измерительный комплекс, размещенный на высотном баллоне). Она любезно предоставлена руководителем группы Д. Вилькинсоном *(Wilkinson)*. Нетрудно заметить схожесть обоих экспериментальных результатов.

Чтобы точнее выделить дипольную и другие составляющие, прибегают к сглаживанию карты, благодаря которому уменьшается уровень шумов аппаратуры, но ухудшается угловое разрешение. На рис. 11 показана радиояркостная карта с усреднением в угловых масштабах 20°.

Какие же выводы о дипольной и квадрупольной составляющих можно сделать по результатам эксперимента? Если принимать, что первую порождает наше движение, то его скорость относительно фона составляет 350 км·с$^{-1}$ и она направлена примерно в точку с галактической долготой 267° и широтой (северной) 53°. Эти данные находятся в хорошем соответствии с результатами других экспериментов.

Оценка квадрупольных эффектов показывает, что амплитуда этого компонента не превышает 0,00006 К.

В зависимости от предлагаемых космологических моделей теоретические предсказания дают величину квадрупольной составляющей от 0,00002 до 0,00005 К. Таким образом, результаты эксперимента хотя и не находятся в противоречии с современными космологическими теориями, но уже приближаются к границе, переход через которую позволит судить о достоверности той или иной из существующих моделей.

После исключения дипольной составляющей была получена карта, дающая представление о распределении слабых протяженных источников радиоизлучения по небесной сфере (рис. 12). Аналогичная карта построена и в Принстоне (рис. 13).

Созданная нами по результатам непосредственных измерений карта существенно отличается от модельной карты, построенной по наблюдениям на наземных радиотелескопах на более длинных волнах. В центральных областях вдоль Млечного Пути измеренная интенсивность радиоизлучения на порядок превышает предсказывавшуюся ранее. Одна из наиболее вероятных причин такого различия — присутствие областей *ионизованного водорода* с концентрацией частиц около 1—10 см$^{-3}$, массой порядка 10^4—10^5 масс Солнца и линейными размерами 2—150 пс. Существование таких областей в нашей Галактике предсказывалось, но из-за очень низкой яркостной температуры они не обнаруживались ни в одном радиообзоре, даже самом чувствительном.

Излучение этих супергигантских плазменных областей, являющихся одними из основных структурных единиц Галактики, может существенно затруднить исследование космологического фона. Дело в том, что, даже обнаружив квадрупольную составляющую, мы не сможем сделать определенного вывода о ее природе. То ли она космологического происхождения и связана с давними этапами развития Вселенной, то ли следствие существования газовых облаков в окрестностях Солнечной системы. Однако процессы, приводящие к возникновению квадрупольной составляющей, по-разному проявляются при наблюдениях на разных длинах волн. В первом случае избыточная радиояркостная температура не зависит от длины волны, во втором — этот избыток будет уменьшаться пропорционально квадрату длины волны. Поэтому природа квадрупольной составляющей может быть выявлена, например, в многочастотном космическом эксперименте.

Поскольку пока квадрупольная составляющая не обнаружена, то прежде всего для продолжения исследований нужно существенно повысить чувствительность космических радиотелескопов. Анализ результатов эксперимента «Реликт» и быстрое развитие радиоэлектроники и космической техники говорят о том, что такое повышение реально.

Например, одна из возможностей — использовать космический холод для снижения шумов аппаратуры. Поскольку температура фонового излучения — всего 2,7 К, космос представляет собой «рефрижератор», в котором можно охлаждать аппаратуру, если она размещена на теневой стороне спутника и теплоизолирована от него. Таким способом можно понизить температуру измерительного комплекса по крайней мере до 100 К, что соответственно приведет к повышению чувствительности (в осуществленном

СТО ЛЕТ НАЗАД

ЛОНДОН. Кончина мира, по некоторым предположениям, должна произойти через 10 миллионов лет. Такой предел определен В. Томсоном, знаменитым английским физиком, профессором Глазговского университета. Он развил недавно свои воззрения на этот вопрос в заседании Королевского института в Лондоне. По расчету Томсона, момент, когда температура Солнца будет недостаточна для согревания Земли, наступит через 10 000 000 лет.

«Новь»

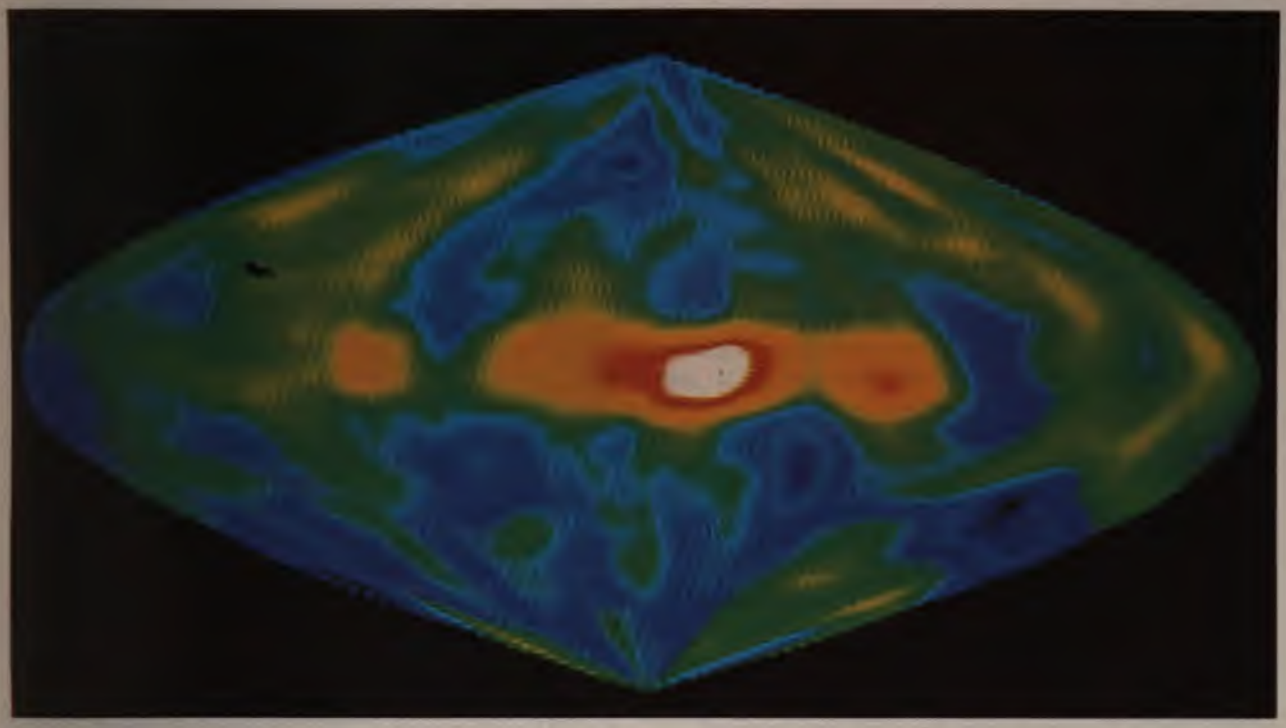


Рис. 12. Карта распределения слабых протяженных источников радиоизлучения по небесной сфере (угловое разрешение 20°), которая построена из карты, изображенной на рис. 11, путем исключения дипольной составляющей. Фото Г. Н. Злотина, система СВИТ

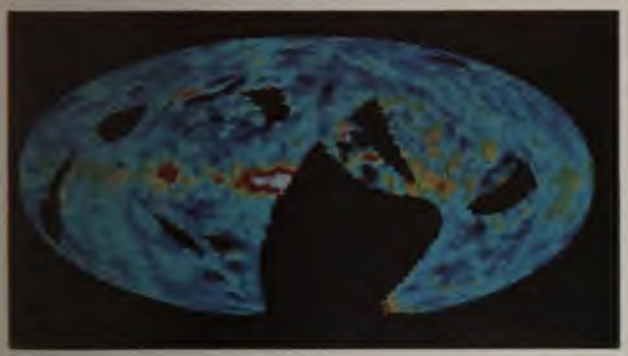


Рис. 13. Карта принстонской группы, аналогичная карте на рис. 12 (угловое разрешение 7°)

эксперименте температура радиотелескопа была порядка 300 К).

Еще более глубокое охлаждение возможно при использовании специальных активных холодильных машин или долгоживущих космических термосов.

Для уменьшения внешних шумов, прежде всего влияния излучения Земли, Луны и Солнца, желательно вывести спутник с радиотелескопом на еще более далекую орбиту. Удобной представляется точка Лагранжа системы Солнце—Земля, находящаяся на расстоянии 1,5 млн. км от Земли в антисолнечном направлении.

В настоящее время начата подготовка многочастотного космического эксперимента, предусматривающего большее охлаждение аппаратуры, изучается и возможность вывода спутника в точку Лагранжа, что позволит, по-видимому, измерить квадрупольную составляющую фонового излучения, если ее величина превышает 0,000006 К, и провести надежную селекцию моделей.

Ико ИБЕН МЛАДШИЙ (Iben Jr.)
(р. 1931) — американский астрофизик, доктор физики, действительный член Национальной академии наук США, профессор физики и астрономии Университета шт. Иллинойс в Эрбана-Шампейне, член Международного астрономического союза.
В 1949—1953 учился в Гарвардском университете. С 1953 по 1958 работал в Университете шт. Иллинойс. Затем был сотрудником Уильямс колледжа (1958—1961), Калифорнийского технологического института (1961—1964), Массачусетсского технологического института (1964—1972).
С 1972 по 1984 И. Ибен был руководителем Института астрономии Университета шт. Иллинойс.
Автор более 150 научных работ, посвященных физике и эволюции звезд.

Александр Васильевич ТУТУКОВ
(р. 1942) — астрофизик, доктор физико-математических наук, заведующий сектором «Физика и эволюция звезд» Астрономического совета АН СССР, член редколлегии «Астрономического журнала», член Международного астрономического союза.
Окончил физический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в 1966. В 1969 защитил кандидатскую диссертацию, а в 1981 докторскую. С 1972 старший научный сотрудник Астрономического совета.
Автор около 120 научных работ по эволюции звезд и активности ядер галактик, связанной с быстрым звездообразованием.

И. ИБЕН МЛАДШИЙ, А. В. ТУТУКОВ

Сверхновые типа I — взрывающиеся двойные звезды

Чтобы понять, какой объект скрывается за сверхновыми первого типа и почему они взрываются, пришлось привлечь весь арсенал современной теоретической физики, начиная от квантовой механики, которая описывает свойства вещества в микромире, и кончая теорией относительности, без которой нельзя обойтись при моделировании явлений космических масштабов

В поисках первооснов всего существующего люди неизбежно приходят к вопросу о происхождении химических элементов, из которых состоят окружающие нас предметы, Земля, Солнце, галактики, да и сам человек. Современная ядерная физика экспериментально продемонстрировала возможность взаимопревращения элементов и указала соответствующие необходимые условия. Главное, что требуется от источников химических элементов, мест, где они образуются, — высокая температура, ибо только тогда энергия взаимодействующих частиц будет достаточно велика, чтобы преодолеть кулоновское отталкивание ядер вещества, заряд которых положителен и, стало быть, одинакового знака.

Одно из таких достаточно горячих мест указали Г. Гамов и его сотрудники. «Большой взрыв»*, породивший всего 10—20 млрд. лет назад наблюдаемую Вселенную, сопровождался, как это подтверждают и обнаружение реликтового фонового радиоизлучения, и универсальность отношения обилий гелия и водорода, очень высокими температурами и плотностями. В первые мгновения существования Вселенной протекали очень сложные физические процессы, и полной картины происходивших в то время событий пока нет.

Условия Большого взрыва оказались благоприятными для того, чтобы из исходной горячей плазмы образовалось значительное количество гелия (около 30%). Большая же часть вещества (порядка 70%) стала водородом — легчайшим и простейшим элементом. Элементы тяжелее гелия во время Большого взрыва практически не появлялись, прежде всего из-за его быстротечности. Однако спектральные наблюдения звезд и межзвездного газа показывают, что около 2% всего вещества состоит из тяжелых элементов, среди которых наиболее обильны углерод, кислород, железо, азот, кремний, неон.

Где же они возникают? Сегодня астрофизики знают ответ на этот вопрос. Основная доля тяжелых элементов образуется в ходе эволюции звезд, взрывы сверхновых поставляют эти элементы в межзвездную среду, и уже оттуда они попадают в состав вещества звезд новых поколений, в том числе иногда планетных систем. Совершенно неожиданно непосредственно окружающее нас не только оказывается тесно связанным с жизнью звезд, но и целиком обязано своим происхождением их эволюции.

Что же такое сверхновые звезды? Нужно признать, что название, как это часто бывает, не вполне точно отражает суть описываемого явления — кратко говоря, гигантского взрыва. Раньше астрономам были известны только вспышки новых звезд, во время которых на несколько дней или недель яркость светила повышалась в десятки тысяч раз. В астрономическом термине «сверхновая звезда», по всей видимости, отразилось потрясение наблюдателя, впервые обнаружившего в начале нашего века, что вспышки, вообще говоря нередкие среди звезд, иногда сопровождаются выделением «небывало» большой «по тем временам» энергии (10^{50}—10^{51} эрг), основная часть которой — кинетическая энергия сбрасываемой оболочки. И хотя сейчас астрофизике известны и более мощные явления, которые протекают, например, в ядрах галактик, взрывы сверхновых остаются непревзойденными в звездном мире.

С чем сравнить их энергию? При сгорании одного грамма углерода выделяется всего около 10^{18} эрг энергии. Возьмем для примера более близкие по физике явления — земные взрывы термоядерных бомб. Если взрывы первых урановых бомб — это килограммы урана, а самых мощных водородных — тонны ядерного горючего, то вспышка рядовой сверхновой эквивалентна взрыву термоядерной бомбы с массой, равной массе Солнца, которая, напомним, в миллион раз превосходит массу Земли. Теперь

* О теории «Большого взрыва» (более распространенное название — «горячая» модель Вселенной) см. статью Н. С. Кардашева и И. А. Струкова в этом же томе. — *Ред.*

Звезды рождаются в газопылевых облаках

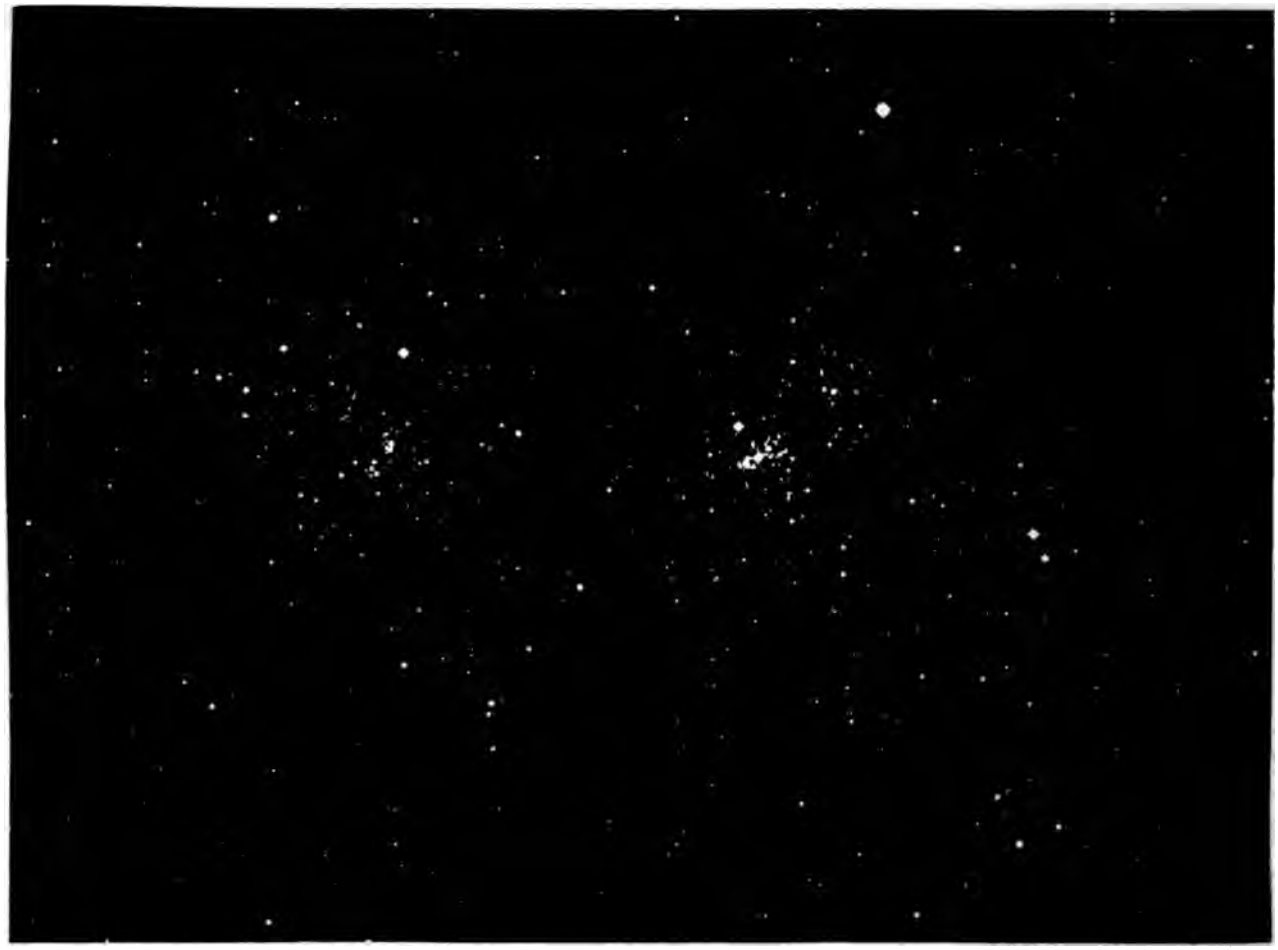
понятно, почему взрывы сверхновых могут быть обнаружены даже в очень удаленных галактиках.

Что нужно для взрыва сверхновой?

Романтичная и интересная история изучения сверхновых звезд восходит к глубокой древности. Летописцы Востока, главным образом Китая и Японии, оставили не только хронику земных событий за последние тысячелетия, но и, полагая, что небесные явления, возможно, связаны с земными, многочисленные записи о необычных небесных происшествиях, таких, как прохождение ярких комет, метеорные дожди, кратковременные увеличения блеска некоторых звезд, давно названных новыми, звездами-гостьями.

Не имея представления о размерах Галактики, расстояниях до вспыхивающих звезд, нельзя было осознать истинные масштабы происходящих в глубине космоса явлений и, следовательно, разобраться в их причинах. И только когда в конце прошлого века была обнаружена вспышка звезды в туманности Андромеды, являющейся, как было доказано уже в начале нашего столетия, ближайшей к нам большой галактикой — гигантским звездным сообществом со светимостью порядка 10^{10} солнечных, впервые астрономы со всей очевидностью были поставлены перед важным фактом: существуют звезды, которые могут на некоторое время (обычно около месяца) сделать свою яркость сравнимой с яркостью целой галактики — десяти миллиардов звезд!

Швед К. Лундмарк *(Lundmark)* был среди первых (1919 г.), кто оценил полную энергию, выделяющуюся при вспышке сверхновой. Простые энергетические соображения показывали, что звезда, которая потеряла за несколько месяцев или лет энергию, сопоставимую с полным запасом ядерной энергии ее вещества и значительно превосходящую энергию связи обычной звезды (т. е. ту, которая необходима для ее разрушения), должна претерпеть существенные изменения в своей структуре.



Взрывы сверхновых — очень редкие события. Даже в таких гигантских галактиках, как наша или туманность Андромеды, они происходят всего лишь раз в 30—100 лет.

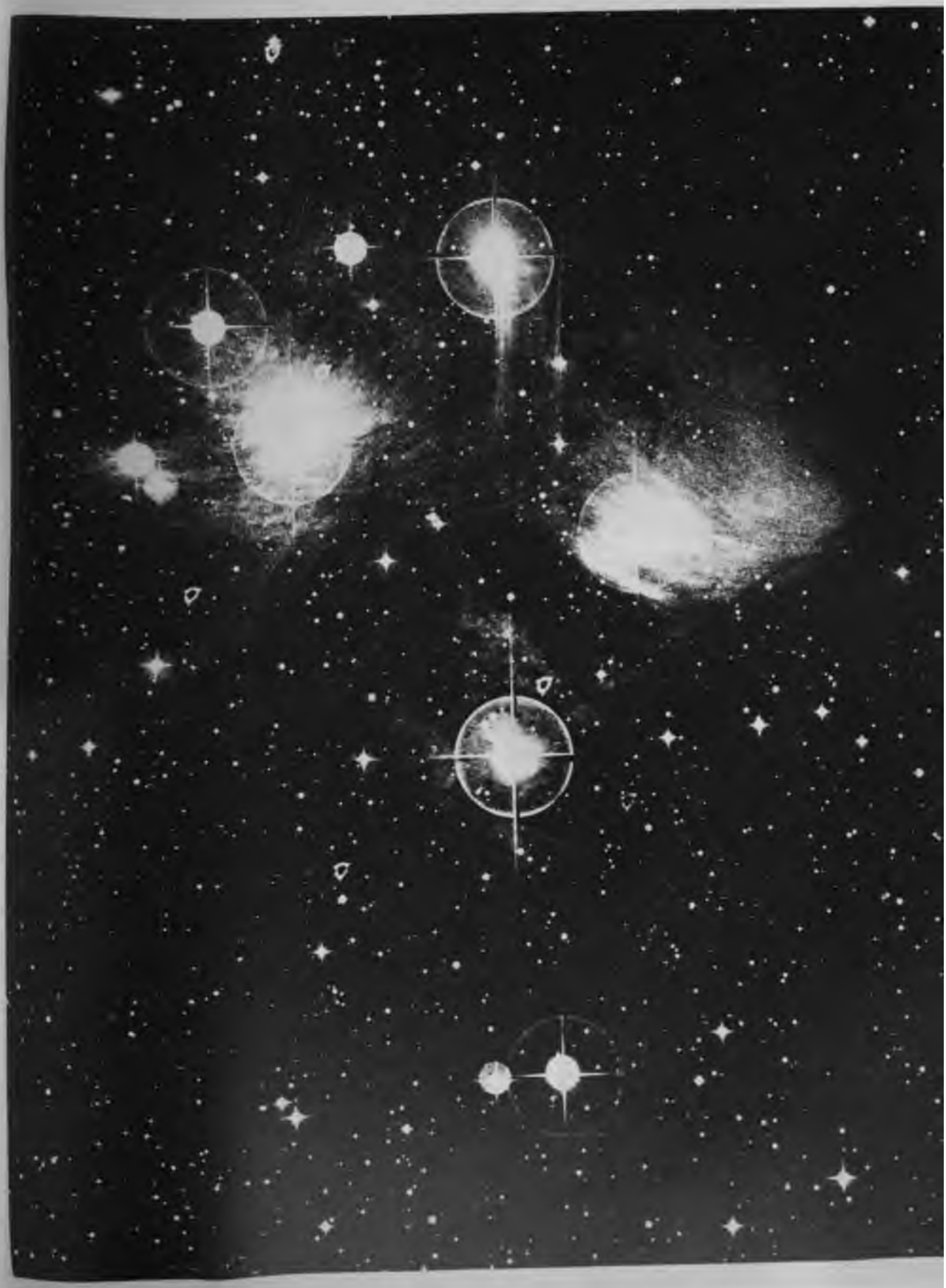
Одно существенное обстоятельство значительно понижает число обнаруживаемых на Земле сверхновых, которые вспыхивают в нашей Галактике. Солнце находится внутри галактического диска. Межзвездное вещество из-за пыли, в большом количестве содержащейся в нем, делает практически ненаблюдаемыми в оптическом диапазоне все звезды, расположенные вне сферы с центром на Солнце и радиусом около 2—3 кпс. Поскольку радиус Галактики составляет примерно 10 кпс, очевидно, что земной наблюдатель, вооруженный лишь оптическими инструментами, может зарегистрировать только одну вспышку из десятка. Поэтому яркая оптическая вспышка галактической сверхновой — крайне редкое событие, происходящее в среднем раз в несколько сот лет.

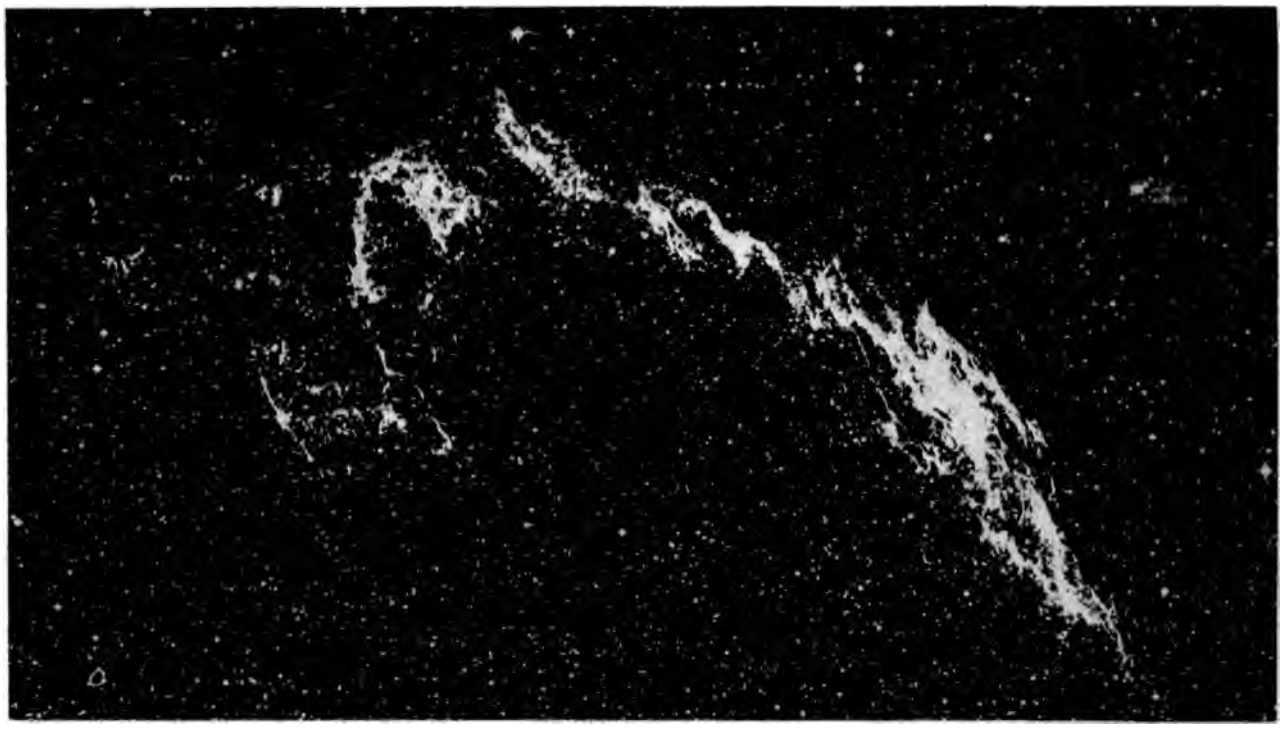
Последние из сверхновых наблюдались Тихо Браге и Кеплером, т. е. почти 400 лет назад, в «дотелескопическую» эпоху. И хотя тщательное изучение восточных летописей и довело число известных нам вспышек галактических сверхновых примерно до десяти за последние два тысячелетия, в целом информация об их свойствах остается крайне скудной.

Звезды живут

Наибольшее внимание древних ученых привлекла вспышка сверхновой в пределах современного созвездия Тельца, которая была зарегистрирована и описана китайскими астрономами в 1054 г. Ее остаток — Крабовидная туманность, представляющая собой расширяющееся газовое облако, подвергается самому детальному исследованию всеми средствами современной наблюдательной астрономии.

Но ограничиться одними лишь наблюдениями постоянных и переменных звезд астрофизика не может, нужно еще и развивать теорию. Одно из важных ее положений установил С. Чандрасекар (США). Он показал, что есть некоторая критическая масса для холодных звезд, не имеющих ядерных энергетических источников. Численно она приблизительно равна 1,4 массы Солнца (для звезды, состоящей из гелия и более тяжелых элементов). Почему существует этот так называемый чандрасекаровский предел, можно понять, если знать характерные особенности релятивист-





Звезды умирают — остатки сверхновых

ски вырожденного газа, которым становится вещество холодных компактных звезд при очень высокой плотности (больше 10^6 г·см$^{-3}$). Свойства такого вещества описываются квантовой механикой.

Давление релятивистски вырожденного газа не зависит от температуры, оно пропорционально плотности в степени $^4/_3$. Эффективное же давление, «развиваемое» силой гравитации сферически симметричной звезды, пропорционально ее массе в степени $^2/_3$ и плотности опять-таки в степени $^4/_3$. Сравнивая эти две зависимости, а в устойчивой звезде давление газа и «гравитационное» давление противостоят друг другу, мы обнаруживаем, что в условие равновесия не входит плотность (размеры) вырожденной звезды, а только ее масса.

Что же будет, если масса холодной вырожденной звезды окажется меньше чаидрасекаровского предела? Оказывается, тогда сила газового давления доминирует и звезда будет расширяться до тех пор, пока релятивистское вырождение газа не сменится простым вырождением, при котором давление уже зависит от плотности в степени $^5/_3$и возможно состояние равновесия. Получается, что радиус звезды определяется при заданном химическом составе только ее массой. Любопытно, что с ростом массы он уменьшается. Такие звезды называют вырожденными карликами.

Размеры карликов по звездным масштабам невелики и не превышают размеров Земли при массах, сравнимых с солнечной. Следствие этого — гигантская средняя плотность карликов: около тонны на кубический сантиметр.

При массе же, превышающей чандрасекаровский предел, сила гравитации превосходит силу газового давления, что вызывает необратимый коллапс звезды, ее сжатие до какого-то более плотного состояния, если оно существует (очень важная оговорка). Для звезд с массами, несколько меньшими 2 солнечных, такое состояние было найдено академиком Л. Д. Ландау в 1932 г., сразу же после открытия нейтрона. Это нейтронная звезда, равновесие которой обеспечивается равенством сил гравитации и отталкивания нейтронного газа. Размеры таких звезд порядка 10 км при массе, близкой к солнечной. И, наконец, если масса холодной звезды, лишенной источников энергии, превышает 2 солнечных, в результате коллапса образуется черная дыра.

Возвращаясь к сверхновым, зададимся естественным вопросом, что же определяет энергию, выделяющуюся при их взрыве и имеющую, как показали наблюдения, во всех случаях порядок $3 \cdot 10^{50}$ эрг. Обращает на себя внимание сравнимость этой величины с энергией связи вырожденного карлика околокритической массы (*т. е.* энергией, необходимой для его разрушения) — $5 \cdot 10^{50}$ эрг. Данное совпадение — неслучайное. Причина взрыва большинства сверхновых, вообще говоря, неустойчивость к коллапсу ядер звезд с массой, лишь не намного превышающей чандрасекаровский предел.

При коллапсе достигаются высокие температуры, поджигающие ядерное топливо. Его горение продолжается до тех пор, пока не выделится энергия порядка энергии связи карлика, после чего его ядро либо полностью разрушится, либо сколлапсирует, образуя нейтронную звезду. Разрушение карлика в ходе взрыва энергетически характеризует («ограничивает») термоядерный взрыв. Отметим далее, что в разрушении карлика принимает участие только небольшая часть энергии, причем та, которая вначале нагревает его вещество, а на поздних стадиях расширения оболочки либо излучается, либо переходит в энергию ее движения. Энергия, уносимая нейтрино и гравитационными волнами в ходе коллапса ядер, часто в сотню раз превосходит термоядерную энергию взрыва.

Итак, к чему же сводится роль чандрасекаровского предела при анализе эволюции звезд на поздних стадиях? В ходе эволюции у звезды образуется ядро, состоящее из продуктов горения водорода и гелия. Звезда с массой вырожденного ядра, меньшей этого предела, образует после сброса оболочки вырожденный карлик. Если масса ядра превышает критическую, то оно сжимается, а его вещество нагревается, что приводит либо к взрывному горению ядерного топлива, если оно, конечно, есть, либо к необратнмому коллапсу, при котором чаще всего образуются нейтронные звезды. На последнюю возможность как причину взрывов некоторых сверхновых впервые указали американские астрономы В. Бааде и Ф. Цвикки в 1934 г.

Наблюдаемые звезды имеют массу от 0,1 до 100 солнечных. У большинства же из них (около 99%) она меньше 10 солнечных, и именно такие объекты, как сейчас мы понимаем, завершают свою эволюцию, оставляя углеродно-кислородный вырожденный карлик с массой, меньшей

СТО ЛЕТ НАЗАД

По инициативе французского астронома Е. Муше Международный астрономический конгресс в Париже выработал план составления фотографической карты всего звездного неба. Практическое осуществление этого грандиозного научного мероприятия поручалось 18 обсерваториям мира. Предложено было снять две серии негативов с разными экспозициями так, чтобы на одной серии снимков получить все звезды до 11-й величины (числом почти 3 миллиона), а на другой серии — все звезды до 14-й величины (около 30 миллионов). К 1930 году само фотографирование неба было почти закончено (снято более 40 тысяч негативов).

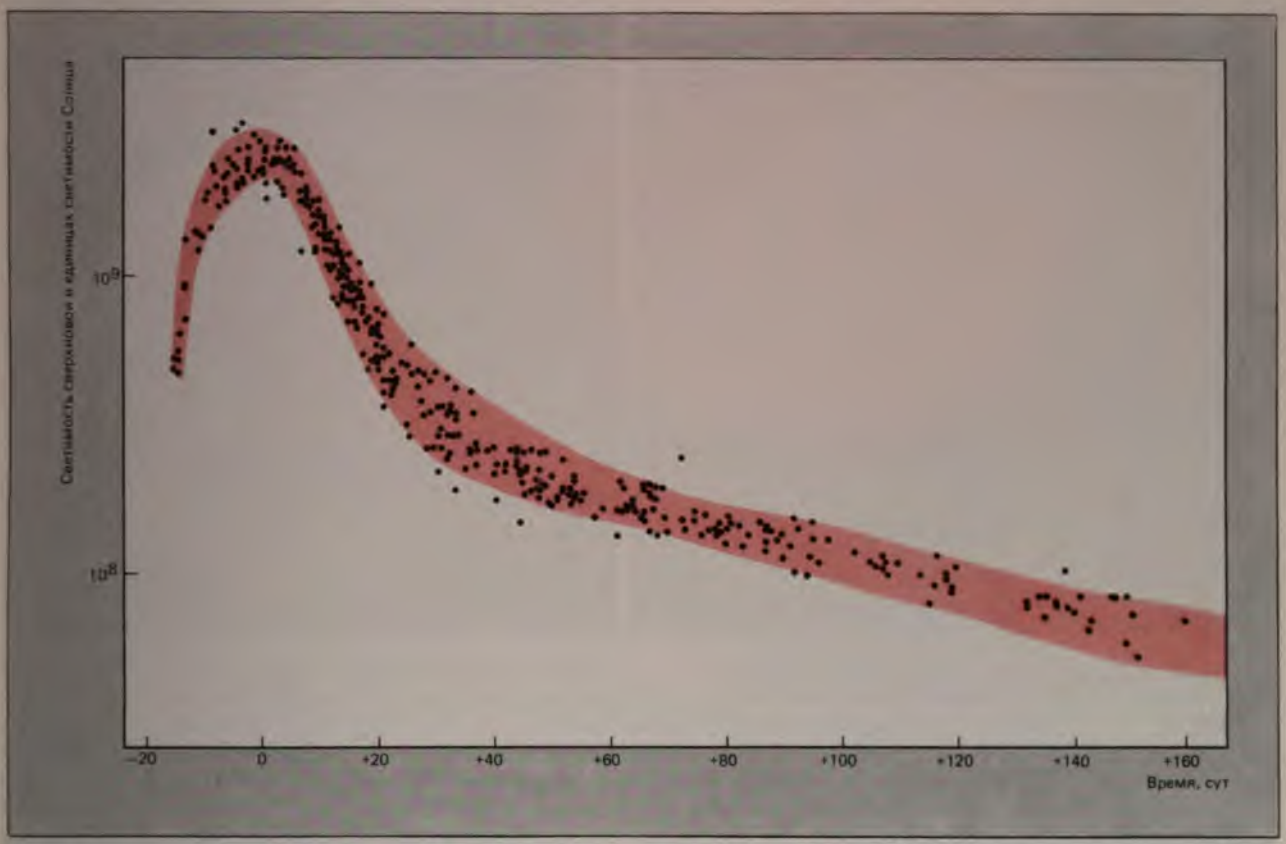


Рис. 1. Зависимость светимости сверхновой первого типа от времени (кривая блеска). Точка 0 соответствует максимуму блеска

чандрасекаровского предела. Более массивные звезды в конце эволюции взрываются как сверхновые, образуя нейтронную звезду или черную дыру.

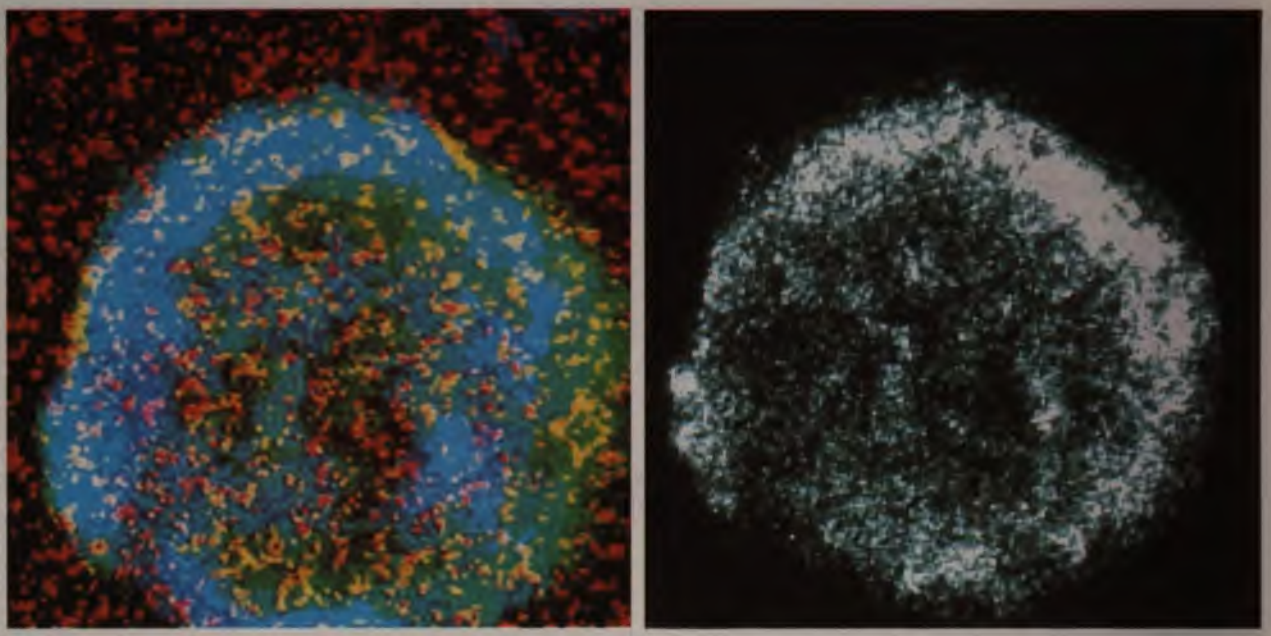
Сверхновые столь редки, а последняя зафиксированная вспышка подобной звезды в нашей Галактике была так давно, что при их изучении приходится опираться в основном на данные, «поставляемые» из других галактик. Благодаря своей исключительной яркости в максимуме блеска сверхновые могут быть зарегистрированы в сотнях тысяч ближайших галактик. Уже «найдены» сотни вспышек сверхновых, что позволило изучить некоторые их свойства.

В начале 30-х годов по кривым блеска сверхновые были разделены Ф. Цвикки на два сравнимых по частоте обнаружения основных класса: сверхновые первого и второго типов. И хотя информации о свойствах сверхновых за последние полвека стало значительно больше, их классификация остается прежней. Синтетическая кривая блеска сверхновой первого типа, полученная в результате наложения наблюдавшихся индивидуальных кривых, показана на рис. 1. Хорошо выраженный пик светимости продолжительностью около месяца сменяется экспоненциальным спадом блеска в течение длительного времени. Характер кривой давно был ассоциирован с предположением о возможном процессе распада какого-то радиоактивного элемента.

Кривые блеска сверхновых первого типа практически не отличаются друг от друга. Данная особенность предполагает большое сходство предсверхновых звезд и требует объяснения.

Богатую информацию дало детальное изучение спектров ярчайших сверхновых первого типа. Так, было надежно установлено, что водород и гелий в расширяющихся оболочках этих звезд отсутствуют. Факт примечателен, поскольку оба химических элемента наиболее распространены во Вселенной. Можно заключить, что предсверхновая — далеко проэволюционировавшая звезда, потерявшая каким-то образом богатую водородом и гелием оболочку. На поздних стадиях расширения оболочки в ее спектре хорошо заметны линии железа, кремния, кобальта, магния, кислорода. Оболочка сверхновой первого типа расширяется со скоростью порядка 11 000 км/с. У сверхновых второго типа оболочки богаты водородом, а скорости их расширения составляют «всего» несколько тысяч километров в секунду.

Как показывают наблюдения, есть и еще одно замечательное различие между сверхновыми двух типов: в эллиптических галактиках встречаются только звезды первого типа. В



Остаток сверхновой, взрыв которой наблюдал в 1572 г. Тихо Браге, в рентгеновском (слева) и радиодиапазонах (справа)

эллиптических сфероидальных галактиках сейчас нет звезд с массами, превышающими солнечную. А ведь звезды столь малых масс должны неизбежно заканчивать свою жизнь образованием вырожденных карликов. Объяснению этого парадокса и посвящена статья.

В спиральных галактиках, в дисках которых отчетливо выделяются яркие спирали, есть сверхновые как первого, так и второго типов. Причем звезды второго типа встречаются преимущественно в спиралях. Как уже говорилось, их спектры обнаруживают присутствие большого количества водорода. Оба эти свойства прекрасно объясняются предположением о том, что предшественники сверхновых данного типа — массивные звезды-гиганты с массами больше 10 солнечных. Именно таких звезд особенно много в галактических спиралях, где находятся наиболее молодые звезды, среди которых немало и массивных. К моменту взрыва массивная звезда имеет компактное железное ядро и сохраняет протяженную богатую водородом оболочку. Такова модель предсверхновой второго типа, предложенная в 1960 г. Ф. Хойлом *(Hoyle,* Англия) и У. Фаулером *(Fowler,* США).

«Естественность» взрывов сверхновых второго типа делала еще более загадочной причину вспышек сверхновых первого типа. Каким образом предсверхновая может приобретать массу больше чандрасекаровского предела, если массы наиболее массивных непроэволюционировавших звезд в эллиптических галактиках не превосходят 1 солнечной? Масса одиночной звезды не может увеличиться в ходе эволюции. Приходится принять, что исходная звезда была двойной.

Предположение закономерное, поскольку большинство наблюдаемых звезд действительно двойные. Их компоненты удерживаются силами гравитации и обращаются друг около друга. Помогает нам и то, что в наиболее тесных двойных системах компоненты обмениваются веществом. И хотя эволюция даже более массивного компонента заканчивается образованием вырожденного карлика с массой меньше предельной, теперь можно «использовать» вещество спутницы для постепенного наращивания массы вырожденного карлика до критической, достижение которой будет неизбежно ознаменовано взрывом сверхновой звезды. Эта модель оказалась наиболее плодотворной. Разработке ее различных вариантов посвящено в последние годы большое число работ.

Однако как же «использовать» вещество спутницы, чтобы «создать» критическую массу?

Наиболее естественной выглядит возможность прямого переброса (аккреции) вещества из оболочки спутницы на вырожденный карлик, тем более что подобные системы, называемые катаклизмическими, известны. Но детальный анализ последствий такой эволюции обнаружил, что аккреция богатого водородом вещества — не тот путь, на котором достигается увеличение массы вырожденного карлика. Водород — высокоэффективное ядерное топливо, и, накапливаясь в оболочке карлика, он нагревается и начинает гореть. При горении водородная оболочка неизбежно расширяется, что приводит в силу разных причин к потере большей части ее вещества системой. Так бывает в новых звездах, кото-

Старый разрушающийся остаток сверхновой. Наложение трех снимков, полученных в узких разнесенных участках электромагнитного спектра

рые, как было сказано выше, значительно слабее сверхновых. Подобные события не способствуют накоплению массы на вырожденном карлике. Не исключено, что карлик в результате этого «обмена» даже уменьшает со временем свою массу.

Как же выйти из положения? Допустить аккрецию по возможности более инертных веществ, с высокой температурой горения, каковыми являются углерод и кислород? А как этого «добиться»? Нужно «подождать», пока спутница не превратится в вырожденный карлик, и только тогда «начать» обмен веществом между компонентами двойной системы.

Сценарий для сверхновой первого типа

Представление о том, как взрывается сверхновая первого типа, дает конкретный сценарий эволюции подходящей тесной двойной звезды. Под сценарием здесь понимается качественное хронологическое описание логически самосогласованной

последовательности событий. Построение сценария опирается на анализ наблюдаемых свойств исследуемых объектов и численное изучение их эволюции.

Именно при численном моделировании эволюции тесных двойных звезд с начальными массами от 3 до 12 солнечных нам удалось показать, что из такой системы, если массы ее компонентов заключены в пределах 5—9 солнечных, образуется тесная пара вырожденных карликов, слияние которых и ведет к взрыву сверхновой первого типа.

Итак, согласно последним «рецептам», чтобы «приготовить» условия, необходимые для взрыва сверхновой первого типа, следует «взять» тесную двойную звезду, компоненты которой имеют массы от 5 до 9 солнечных (рис. 2*а*). Хотя подобные пары и не принадлежат к числу наиболее массивных, а потому и наиболее редких в нашей Галактике, они встречаются не так уж часто: в окрестностях Солнца их доля составляет всего несколько процентов.

Для полного успеха нашего предприятия необходимо тщательно следить за размером системы. Для взрыва «годятся» только двойные звезды с начальным размером 70—1500 солнечных радиусов.

Заметим, что для описания масс и размеров звезд наши привычные земные мерки не годятся. Поэтому Солнце, рядовая во многих отношениях звезда, и берется, как правило, в качестве «эталона». Чтобы лишний раз подчеркнуть, насколько грандиозны размеры подобных систем, насколько они не укладываются в «освоенный» нами масштаб, достаточно сказать, что луч света, добирающийся до Луны за полторы секунды, затратит около часа на путь от одного компонента выбранных нами систем до другого.

Ограничив исходные размеры двойных, мы еще больше сузили класс подходящих звезд Теперь не более чем одна система из ста удовлетворяет нашим строгим требованиям. Несколько пар подобного рода уже изучены, и нет серьезных оснований опасаться, что их число окажется слишком малым и не обеспечит необходимую частоту взрывов.

Система выбрана. Она состоит из двух компонентов сравнимых масс. Равновесное состояние каждого из них устанавливается выравниванием сил давления горячей плазмы и самопритяжения вещества звезды. Потери энергии на излучение компенсируются ядерной энергией, которая выделяется внутри звезды в реакции горения водорода, вырабатывающей гелий, и при последующем горении гелия, в результате чего образуются главным образом углерод и кислород.

Конечность запасов ядерного топлива обусловливает конечное и строго определен время жизни звезды, которое сильно уменьшается с ростом исходной ее массы.

Следует заметить, что само по себе горение водорода и гелия не может вызвать термоядерного взрыва. Дело в том, что вещество звезды не вырождено, а это означает, что избыточный его нагрев приводит к увеличению давления газа с последующим расширением, восстанавливающим равновесие. Понижение же температуры вызывает сжатие, сопровождаемое нагревом. Такое «подстраивающееся» равновесие называют устойчивым, и оно характерно для подавляющего большинства звезд.

Компоненты наших пар в зависимости от исходных масс затрачивают 20—60 млн. лет на горение водорода и гелия в ядре. Процесс заканчивается образованием вырожденного углеродно-кислородного ядра. Поскольку время жизни звезды сильно зависит от ее массы, более массивный компонент «обгоняет» в развитии свою менее массивную спутницу. И в момент, когда у первого уже появляется компактное вырожденное углеродно-кислородное ядро, вторая еще располагает большими запасами водорода в ядре. Образование вырожденного углеродно-кислородного ядра величиной примерно с Землю и массой, близкой к солнечной, сопровождается расширением оболочки, содержащей бóльшую часть массы двойной звезды. Поскольку основные термоядерные реакции, генерирующие энергию, протекают в горячем ядре, химический состав оболочки почти не меняется в ходе развития. Главными ее составляющими остаются водород и гелий.

Расширяясь, оболочка компонента двойной заполняет некоторую критическую поверхность, называемую полостью Роша. Она существует только у двойных звезд. Оболочка не может расшириться за пределы полости Роша, а ее заполнение приводит к обмену веществом между компонентами. Приняв часть вещества, спутница также начинает расширяться и заполняет свою критическую поверхность, практически полностью останавливая приток вещества от второго компонента. Теперь вещество поступает в общую оболочку двойной, и система погружается в нее все глубже и глубже (рис. 2*б*).

Размеры общей оболочки могут в десятки и

СТО ЛЕТ НАЗАД

***ПЕТЕРБУРГ.** Одну из самых важных и многообещающих отраслей новейших астрономических исследований представляет фотографирование звездного неба. От этого нового приема [illegible]*

сотни раз превышать расстояние между компонентами. Точный расчет развития звезд на этой стадии пока недоступен. Оценки показывают, что она скоротечна и продолжается всего около 1000 лет. Для дальнейшей эволюции важны две характерные и тесно взаимосвязанные особенности общих оболочек. Пара, тормозясь в веществе общей оболочки, сильно сближается. Огромная энергия, выделяющаяся при торможении компонентов, разрушает общую оболочку, вещество которой, быстро расширяясь, растворяется в межзвездной среде всего за несколько десятков тысяч лет.

Что же остается после рассеяния общей оболочки? Еще более тесная двойная звезда, состоящая из компактного углеродно-кислородного карлика (ядра компонента) и спутницы, масса которой почти не увеличилась на предшествующей стадии из-за ее краткости (рис. 2*в*). В недрах спутницы продолжает гореть водород. Вырожденные карлики, лишенные источника энергии, быстро остывают, что сильно осложняет их обнаружение средствами современной наблюдательной астрономии. Только у ближайших двойных такие компоненты могут быть уверенно отождествлены. Прекрасный пример подобной системы — ярчайшая звезда неба Сириус. Ее компактный вырожденный спутник был найден еще в прошлом веке.

С утратой общей оболочки начинается еще одна длительная стадия в жизни системы. Со временем в недрах менее массивной спутницы также образуется вырожденное углеродно-кислородное ядро, ее оболочка аналогичным образом расширится, и пара вновь погрузится в протяженную общую оболочку. Торможение компонентов в ней вызовет еще большее их сближение, происходит потеря второй общей оболочки, вещество которой быстро рассеивается в окружающей среде (рис. 2*г*).

Теперь у нас два углеродно-кислородных карлика, связанных взаимным притяжением в очень тесную двойную звезду (рис. 2*д*). Размеры системы уменьшились до 2—3 радиусов Солнца, т. е. 1—1,5 млн. км. Карлики быстро остывают, и такие звезды практически необнаружимы. Дальнейшая эволюция пары может быть прослежена только теоретически, поскольку наблюдавшихся аналогов нет, по крайней мере пока.

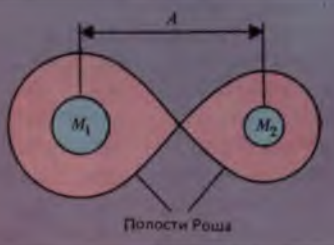
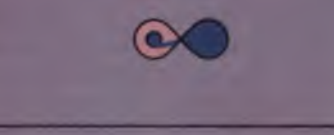
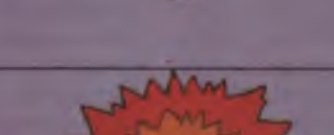
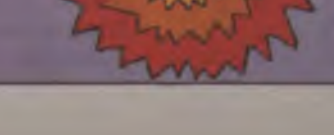
Систем, состоящих из двух вырожденных карликов, в нашей Галактике много, их общее число достигает 10^{10}. Но для наших целей подходят только те из них, чьи размеры не превышают 2—3 солнечных радиусов, а сумма масс больше чандрасекаровского предела.

Будущее нашей пары целиком определяется [illegible] гравитационных волн, существование которых было предсказано в 1918 г. А. Эйнштейном в рамках общей теории относительности. Их излучение в земных условиях настолько ничтожно, что до сих пор не удалось создать ни достаточно мощных его генераторов, ни достаточно чувствительных его приемников. Однако астрофизически излучение гравитационных волн проявляется, и факт их существования не вызывает сейчас никаких сомнений. Например, орбитальный период двойного радиопульсара уменьшается в точном соответствии с предсказаниями общей теории относительности.

В тесных двойных звездах гравитационные волны уносят энергию, которая черпается из энергии орбитального движения, что неизбежно ведет к сближению компонентов. Скорость сближения тем выше, чем меньше расстояние между компонентами. Компоненты системы с начальным удалением до 3 радиусов Солнца за 10^5 — 10^{10} лет приходят в контакт. Если же расстояние между ними превосходит 3 солнечных радиуса, то оно даже за время, равное возрасту Вселенной, существенно не изменится. В Галактике сейчас сосуществуют до 10^8 систем, вырожденные компоненты которых сближаются вследствие излучения гравитационных волн.

Кстати, простые оценки показывают, что тесные пары вырожденных карликов — самые мощные генераторы стационарного периодического излучения гравитационных волн в нашей Галактике. Стационарность этого излучения позволяет нам надеяться на то, что со временем будут созданы высокочувствительные приемники-накопители для его регистрации. Скорее всего нам удастся непосредственно обнаружить именно гравитационное излучение двойных вырожденных карликов или, может быть, молодых нейтронных звезд, образующихся при взрыве сверхновых второго типа.

Что же будет дальше с выбранной нами системой? Выше говорилось, что чем массивнее вырожденная углеродно-кислородная звезда, тем меньше ее размер. Совсем иначе обстоит дело с критическими поверхностями компонентов тесных двойных: чем массивнее звезда, тем больше относительный размер ее полости Роша. Поэтому спутница, имеющая меньшую массу, первой заполнит свою критическую поверхность и начнет передавать вещество более массивному соседу. Начальные этапы процесса, как показали оценки, протекают сравнительно медленно (порядка 10^4 лет), но скорость обмена веществом постепенно возрастает, и конечная стадия, на которой переносится главная часть массы, продолжается не более одного орбитального периода, т. е. всего около минуты (рис. 2*е*)! Скоротечность события очевидна, ведь потеря массы ведет, с одной стороны, к быстрому расширению вырожденного компонента, а с другой — к уменьшению размера его критической поверхности. Происходит быстрое «опрокидывание» системы (рис. 2 *ж*).

а	Исходная двойная звезда		M_1 и M_2 – 5–9 масс Солнца A – 70–1500 радиусов Солнца T – 20–60 млн. лет
б	Образование и потери первой общей оболочки		T – 1 тыс. лет
в	Тесная двойная звезда с одним углеродно-кислородным карликом		M_1 – 1 масса Солнца M_2 – 5–9 масс Солнца A – 10–160 радиусов Солнца T – 20–60 млн. лет
г	Образование и потерия второй общей оболочки		T – 1 тыс. лет
д	Тесная двойная звезда из двух углеродно-кислородных карликов. Излучение гравитационных волн		M_1 и M_2 – 1 масса Солнца A – 0,02–3 радиуса Солнца T – 100 тыс.–1 млрд. лет
е	Заполнение более легким карликом полости Роша		A – 0,02 радиуса Солнца T – 100 С
ж	Карлик с тяжелым диском		$M_1 + M_2$ больше или равно 1,4 массы Солнца T – 1 млн. лет (?)
з	Взрыв сверхновой звезды первого типа		

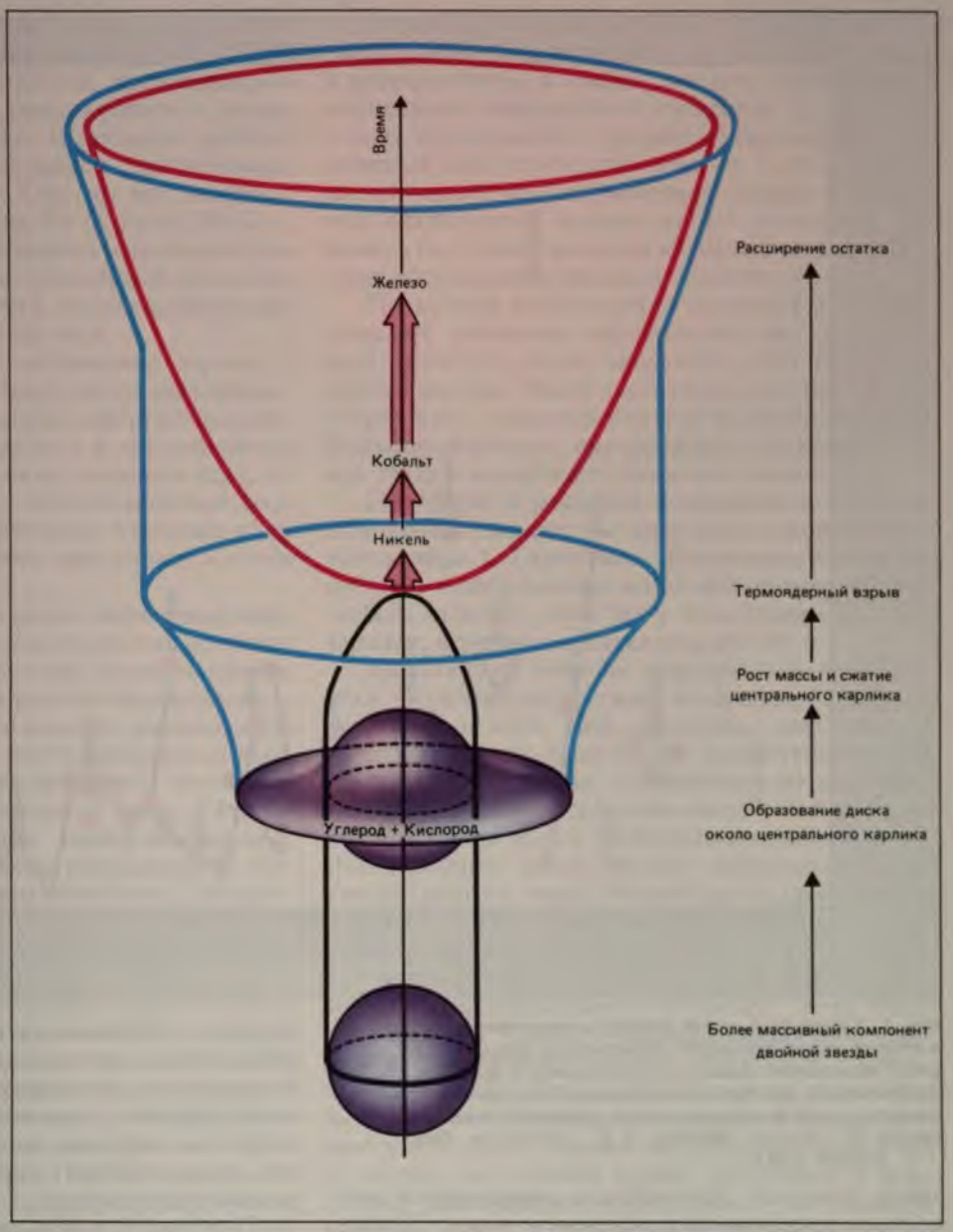


Рис. 2. Эволюционный сценарий (последовательность стадий) для тесной двойной звезды, развитие которой приводит к взрыву сверхновой первого типа. M_1 и M_2 — массы компонентов, A — размер системы, T — продолжительность соответствующей стадии

Рис. 3. Изменение размеров системы при взрыве сверхновой первого типа. Сближаясь, компоненты очень тесной двойной звезды, состоящей из вырожденных кислородно-углеродных карликов, трансформируются в систему с диском. В ее центре находится более массивный компонент, а диск образуется из вещества менее массивного. Масса центрального карлика начинает расти (за счет вещества диска), а его радиус уменьшаться. Параллельно диск, теряя вещество, становится все более разреженным и увеличивается в размерах. Термоядерный взрыв преобразует кислородно-углеродную систему в расширяющийся раскаленный никелевый остаток. Никель, распадаясь, превращается в кобальт, а он, в свою очередь, в железо

Каковы наблюдаемые последствия этого неожиданного и мощного события, никогда ранее не рассматривавшегося в теоретической астрофизике? Непосредственно перед заполнением полости Роша система с компонентами, светимость которых не превосходит 10^{-2} — 10^{-4} солнечной, относится к числу самых слабых звезд Галактики. С началом обмена веществом яркость пары растет, и есть надежда найти подобные системы в будущем.

Последняя стадия обмена — перенос основной доли массы спутницы на более тяжелый компонент — очень скоротечна: он не успевает ни принять, ни потерять бóльшую часть этого вещества. Конечная стадия пока не поддается надежному модельному анализу ввиду крайней сложности процесса. Здесь возможны лишь самые общие соображения, базирующиеся на законах сохранения. Главный вывод таков: в результате обмена компонент меньшей массы должен полностью исчезнуть, а его вещество образовать диск около более массивной звезды. Вначале диск будет, вероятно, лишь в несколько раз больше карлика, т. е. система в целом останется весьма компактной. Ее размеры, видимо, не будут заметно превышать размеров Земли.

Системы с дисками хорошо известны в современной астрофизике. Для них характерно постепенное падение (аккреция) вещества диска на центральный карлик. К сожалению, общей теории, которая позволяла бы оценить скорость аккреции, а следовательно, и время жизни таких

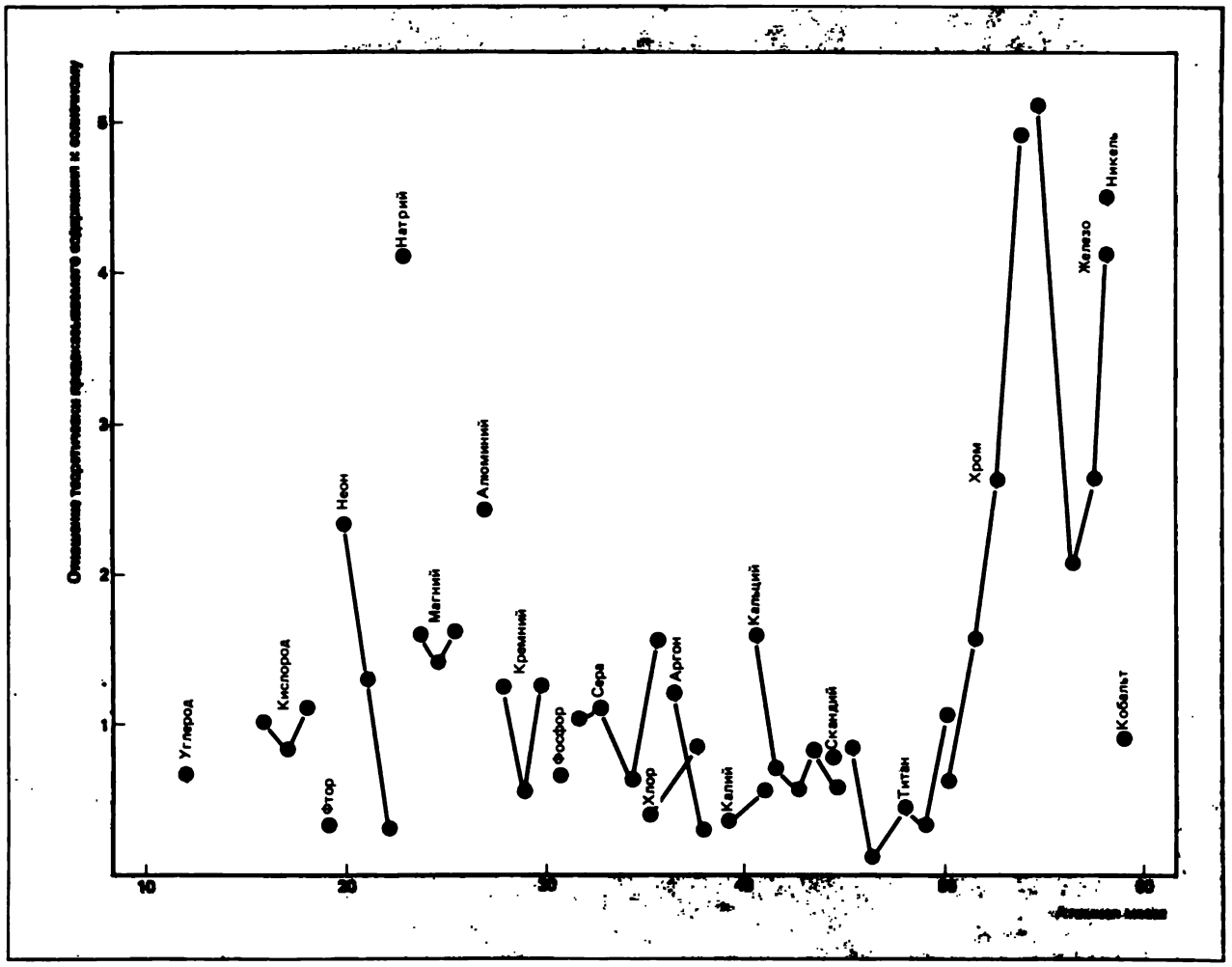


Рис. 4. Химический состав продуктов сверхновых первого и второго типов: отношение теоретически предсказываемого содержания элементов и их изотопов в веществе, выброшенном при взрывах сверхновых, к солнечному. В расчетах каждый тип представлен равным количеством вещества *(K. Nomoto,* **Япония;** *F.-K. Thielemann,* **ФРГ;** *J. C. Wheeler,* **США)**

звезд, пока нет. Эта скорость определяется вязкостью вещества вырожденного диска, однако последняя как раз и не известна. Ничего не остается, кроме как теоретически исследовать последствия аккреции с различными скоростями.

Далеко не все возможные режимы аккреции изучены к настоящему времени, однако ясно, что многие варианты ведут к взрывному горению углерода (рис. 2*з*, 3). Причина взрыва — тепловая неустойчивость горения ядерного топлива в вырожденном веществе. Общая теория такой неустойчивости была предложена в 1946 г. Л. Э. Гуревичем и А. И. Лебединским (СССР) и позже независимо Э. Шацманом (Schatzman, Франция). Ядерные реакции синтеза приводят к выделению энергии. Основная ее часть идет на нагрев вещества, что только убыстряет горение, в результате чего еще больше увеличивается скорость нагрева. Ситуацию усугубляет и то, что вещество глубоко вырождено, т. е. временно лишено возможности расширяться при нагреве. Скорость горения становится столь высокой, что почти все ядерное топливо выгорает раньше, чем звезда успевает «почувствовать» изменение условий в своем ядре.

Сгорание углерода и кислорода освобождает до $8 \cdot 10^{17}$ эрг на каждый грамм топлива, что достаточно для нагрева вещества до температуры порядка 10^{10} К. Этой энергии хватит, чтобы не только полностью разрушить карлик, энергия связи вещества у которого не превосходит $2 \cdot 10^{17}$ эрг$\cdot$г$^{-1}$, но и придать продуктам сгорания скорость 11 000 км/с. При взрыве сверхновых первого типа наблюдаются именно такие скорости, и они есть результат расширения очень горячего газа.

В чем же главные различия вспышек сверхновых первого типа и второго? У первых взрыв приводит к полному разрушению звезды, а во втором случае образуется нейтронная звезда или иногда черная дыра.

Далее, продукт быстрого сгорания углерода и

кислорода — никель становится радиоактивным, когда плотность вещества понижается. Примерно за неделю он распадается, превращаясь в кобальт, который также радиоактивен и за три месяца переходит в железо. В процессе распада никеля и кобальта выделяется значительная энергия — $6 \cdot 10^{16}$ эрг·г$^{-1}$. Она-то, как нашли в 1969 г. С. Колгейт и К. Мак-Ки (Colgate, McKee, США), и определяет светимость сверхновой на стадии экспоненциального уменьшения ее блеска (на рис. 1 от точки +20 сут), прослеженной сейчас на интервале времени до года.

В некотором смысле механизмы взрыва у сверхновых первого и второго типов противоположны. Если в первом случае энергия выделяется в реакциях синтеза железа и затрачивается на преодоление энергии связи звездного ядра, то во втором ее источник — гравитационный коллапс и идет она на разрушение атомных ядер железа: сначала образуются ядра гелия, а затем нейтроны.

Железо в спектрах остатков сверхновых первого типа действительно наблюдается, но лишь на поздних стадиях расширения, когда оболочка сверхновой становится достаточно прозрачной, а яркость звезды, вернее, ее остатка, уменьшается во много раз. Последнее обстоятельство долгое время препятствовало обнаружению железа в спектрах сверхновых первого типа. Чтобы спектры были достаточно информативными, получать их нужно с высоким разрешением, что возможно только для ярких объектов. Обнаружение железа стало решающим аргументом в пользу описанного выше сценария для сверхновой первого типа.

Стадии эволюции выбранной нами тесной двойной звезды изучены еще не так хорошо, чтобы можно было сделать окончательный вывод о неизбежности именно данного сценария, но он сейчас дает наиболее самосогласованную картину и убедительно объясняет причину взрывов сверхновых первого типа. Ряд обстоятельств выделяет этот вариант предыстории сверхновых первого типа из других возможных и делает его особенно привлекательным.

Во-первых, взрыв сверхновой может произойти через значительное время после образования двойной звезды-предшественницы, что позволяет понять причину вспышек сверхновых в эллиптических галактиках, где процесс звездообразования закончился 10 млрд. лет назад.

Во-вторых, большое сходство взрывов между собой объясняется почти полной тождественностью сверхновых первого типа, которые согласно модели обязательно должны быть вырожденными карликами с массой, лишь немного большей чандрасекаровского предела.

В-третьих, скорость расширения оболочки полностью соответствует запасам энергии в углеродно-кислородной смеси.

В-четвертых, химический состав вещества, выброшенного при взрывах сверхновых первого и второго типов, в общем, неплохо согласуется с солнечным содержанием элементов (а им допустимо представлять среднее космическое) для атомных масс от 10 до 60 (рис. 4). Складывается впечатление, что современная теория сверхновых находится на верном пути и позволяет нам понять не только причины их взрывов, но и механизм образования тяжелых элементов.

Поскольку превращение водорода и гелия в тяжелые элементы имеет, в общем, необратимый характер, можно заключить, что наша Вселенная молода. Всего лишь несколько процентов «горючего», «заготовленного» космологическим Большим взрывом, превратилось в ядерных топках звезд в «инертные» тяжелые элементы.

Прогрессу в развитии астрофизики сверхновых содействовала бы вспышка яркой звезды этого вида в Галактике. Возможность такого события не исключена, и оно может произойти в любой момент, хотя дату очередного взрыва заранее, конечно, предсказать нельзя.

Динамичная отрасль современной астрофизики — теория сверхновых звезд способствовала решению целого ряда проблем, связанных с происхождением химических элементов, активностью ядер галактик, механизмом нагрева межзвездной среды, образованием нейтронных звезд, черных дыр и рентгеновских источников. Всесторонние исследования сверхновых ведут ученые многих стран. Важную роль здесь играет сотрудничество. Международная научная кооперация имеет многовековую историю, и современная астрофизика дает прекрасный пример совместного продвижения в познании. Этот опыт объединения усилий в интернациональном масштабе заслуживает самого широкого распространения, ибо только такой подход позволяет наиболее рационально использовать материальные и интеллектуальные ресурсы человечества. А людям уже сегодня нужно заботиться о том, чтобы рациональнее и экономнее расходовать все, чем они располагают. Кооперации и сотрудничеству нет разумной альтернативы в современном мире.

Юрий Николаевич ГЛАЗКОВ
(р. 1939) — летчик-космонавт СССР, кандидат технических наук, Герой Советского Союза.
В 1962 окончил Харьковское высшее военное авиационное инженерное училище. В 1965 зачислен в отряд космонавтов.
Кандидатскую диссертацию защитил в 1974.
Ю. Н. Глазков, в частности, занимается проблемами деятельности человека в безопорном пространстве и работы в открытом космосе.
В феврале 1977 совместно с В. В. Горбатко совершил семнадцатисуточный полет на космическом корабле «Союз-24» и орбитальной станции «Салют-5».
Ю. Н. Глазков награжден Золотой медалью имени К. Э. Циолковского АН СССР, Почетным дипломом имени В. М. Комарова Международной авиационной федерации (ФАИ).
Автор большого числа научных работ, научно-популярных статей, а также научно-фантастических повестей и рассказов.

Ю. Н. ГЛАЗКОВ

Человек в открытом космосе

Вне космического корабля к невесомости, которая внутри него кажется экипажу чуть ли не привычной, добавляются такие факторы, как вакуум (исчезающе малое давление), низкие температуры, солнечная радиация, космическое излучение, потоки микрометеоров, неожиданные световые эффекты. Необычна обстановка и психологически — бездна без «конца и края», «верха и низа». И тем не менее выход в открытый космос становится все более необходимым элементом пилотируемого полета

Зачем человек выходит в открытый космос? Я часто слышу этот вопрос, и иной раз мне хочется в ответ спросить: а зачем альпинисты покоряют горные вершины, зачем люди летают на дельтопланах или прыгают с парашютом, покидая безопасный самолет?

Я понимаю, это не совсем тот ответ, которого ждут, но в нем что-то есть. Ведь человек наделен неодолимой страстью испытывать свои силы, познавать новое, неизведанное, таинственное.

Сколько раз во время полета на орбитальной станции «Салют-5» я ловил себя на мысли, что меня прямо-таки тянет выйти из нее! Необычно в космосе. Необычно, например, состояние невесомости. Волнующе прекрасна Земля, очаровывающая тебя своей многокрасочностью и многоликостью. Кропотливо и талантливо сделала свою работу природа. Люди живут на Земле многие тысячи лет, постоянно стремясь постичь

Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и Ю. В. Романенко в гидробассейне Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. На заднем плане макет орбитальной станции «Салют» и космического корабля «Союз»

окружающий их мир, углубить и расширить свои знания о нем, а иногда, к сожалению, и разрушая его. Жажда познания заставляет человека подниматься высоко в горы, спускаться глубоко под землю, в океан и на дно морей, достигать заоблачных высот и космических далей.

Как только человек научился жить в космосе, ему уже, что называется, не сиделось в космическом корабле, он должен был покинуть его, посмотреть на него со стороны, попробовать парить рядом. Вот поэтому, наверное, и тянуло меня из уютных отсеков «Салюта-5» в неуютную стужу открытого космоса.

Все среды, которые осваивает человек, в которых он хоть как-то умеет существовать, в конце концов становятся местом его активной, можно сказать, производственной деятельности. Возьмем для примера океан, который стал и кормильцем, и поставщиком сырья, и великой транспортной артерией. И если в подводном царстве мы, например, добываем моллюсков, крабов, рыбу, морской гребешок, трепангов и без всего этого нам обойтись уже очень трудно, то в космосе можно получать полезные различные кристаллы или композиционные материалы, эффективные лекарственные препараты и многое другое.

Сегодня, находясь внутри космических кораблей и станций, человек учится активно использовать уникальное свойство космического пространства — невесомость. Однако глубокий вакуум, резкие и значительные перепады температур, весь «букет» излучений нашего светила присущи только открытому космосу. Естественно, хотелось бы и их заставить служить людям. И потихоньку нам удается это делать.

И эту среду человек постепенно обживает и начинает превращать в поле своей деятельности. Проникнув впервые в открытый космос всего два десятилетия назад, он уже задумывается об околоземных электростанциях, заводах на других планетах, использующих местное сырье. Смело? Да. Но это не пустые мечты. Ведь накоплен немалый опыт и есть неоспоримые успехи, в частности, в области работ в открытом космосе.

Мысль о возможности покидать космические корабли, или, как их называл К. Э. Циолковский, космические жилища, возникла задолго до рождения космонавтики. Полеты на Луну, к планетам тогда еще были фантастикой или, лучше сказать, фантазией. Именно К. Э. Циолковскому принадлежит научно обоснованная идея «эфирных поселений». Он предвидел и возможность выходить за пределы космического жилища, облачаясь в скафандры, которые именовались у него балахонами и которые он представлял снабженными системой жизнеобеспечения. Он настолько подробно описал чувства человека, пожившего в невесомости и покидавшего свой корабль, что А. А. Леонов после первого в мире выхода в открытый космос мог сказать: неожиданностей было мало. Космонавт полагал, что помогло ему, в частности, внимательное изучение трудов Циолковского.

Так уж вышло, что в том же 1965 году, когда человек впервые оказался за пределами корабля, я был зачислен в отряд космонавтов. Честно признаюсь, что тогда я был несколько озадачен. У меня возникла масса вопросов. Как, например, космонавт будет ориентироваться в пространстве, оторвавшись от корабля? Как будет вести себя фал и как им сможет пользоваться этот смельчак? Как он вернется в корабль? Что будет с глазами космонавта, ведь там ослепительное Солнце со своими всесжигающими лучами? Какие метеорные рои могут встретиться и нет ли опасности, что один из небесных странников пробьет скафандр? Вразумительных ответов в то время я дать бы не мог.

Однако ученые, которые готовили А. А. Леонова к этой смелой операции, не только понимали всю сложность и новаторство эксперимента, но и сумели создать все необходимое для его успешной реализации. А учесть нужно было все предвиденное и непредвиденное тоже.

Участники эксперимента готовились по несколько иной программе, чем те, кто летал до них в космос. В чем состояли отличия? Знание новой техники? Конечно, но это, в общем-то, обычное требование к отправляющемуся в космический полет. Более строгой была физическая подготовка. Работа в скафандре — дело далеко не легкое, и специалисты справедливо считают ее тяжелым физическим трудом. В нашей среде бытует даже выражение «сражение со скафандром».

Вы спросите: а как же женщины? Ведь представительницы слабого пола тоже выходили в открытый космос? Суть в том, что двадцать лет назад скафандры были совершенно другими. И с нынешними их сравнивать просто нельзя. За эти годы конструкторам удалось сильно облегчить работу в космических доспехах.

Весьма важными в программе подготовки были психологические аспекты. Впервые человек, который защищен от враждебного (хоть и породившего Землю и ее жителей) космоса одной лишь тонкой оболочкой скафандра, в общем-то, одеждой, должен был стать почти самостоятельным небесным телом, движущимся по сложной траектории вокруг корабля «Восход-2» и одновременно по орбите искусственного спутника Земли. А за одеждой холод и жара, свет и тьма, вакуум.

Уместно вспомнить, что еще К. Э. Циолковский задумывался над тем, как готовить человека к космическому полету, можно ли на Земле, скажем, создать условия, при которых тяжесть как бы отсутствует. Он даже предложил кон-

кретный технический способ, позволяющий ее уменьшить: использовать рельсовую систему в виде грандиозной подковы. При движении капсулы с людьми по рельсам тяжесть будет то пропадать, то появляться вновь.

Что ж, можно, наверное, и так. Но А. А. Леонов (как и другие космонавты) тренировался на самолете Ту-104, летящем по параболической траектории, которая, по сути дела, была не чем иным, как воздушной «подковой» Циолковского. Таким путем удавалось создать невесомость в течение примерно 20—25 с.

Были еще центрифуги, звуконепроницаемые сурдокамеры, барокамеры для тренировок на макетах.

А вот что писал сам А. А. Леонов: «Произошло это в конце 1963 года. На предприятии, где изготавливались корабли, мы изучали космическую технику. Однажды, когда мы туда прибыли, нас встретил Сергей Павлович Королев, привел в цех и показал макет корабля «Восход», снабженного какой-то странной камерой. Заметив наше удивление, он сказал, что это шлюз для выхода в свободное космическое пространство. Сергей Павлович предложил мне облачиться в скафандр и попробовать выполнить эксперимент».

«Практически мы готовились одновременно с подготовкой корабля, — вспоминает космонавт, — в период работы ученых и конструкторов над специальным оборудованием и модернизацией корабля «Восход»... Когда были приняты окончательные конструктивные решения, мы приступили к освоению всего процесса, всех операций по выходу в космос... Много усилий было приложено к тому, чтобы создать тренажеры, которые позволили бы максимально приблизить тренировку к реальным условиям полета. Так, модернизировались корабль, шлюзовая камера; в термобарокамере создавался глубокий вакуум. И вот мы, облаченные в скафандры, этап за этапом отрабатывали все действия. Когда необходимые навыки были достаточно закреплены, перешли к занятиям в специальном самолете-лаборатории Ту-104, создающем кратковременную невесомость... Десятки раз мы поднимались в воздух и в короткие отрезки времени шаг за шагом оттачивали все детали по выходу в космос и по входу в кабину космического корабля... Некоторые высказывали даже мысль, что космонавт после выхода во Вселенную может «привариться» к кораблю. Были и другие необычайные предположения. Мы готовились встретиться с любой неожиданностью».

Кстати, о «приваривании». Возможно, скафандр космонавта вообще не удалось бы приварить к кораблю, а вот предположительно самопроизвольное сваривание металлических деталей в механизме закрывания люка корабля «Джемини-4», на котором американский астронавт Э. Уайт вышел в открытый космос 2,5 месяца спустя после А. А. Леонова, создало очень непростую ситуацию. Подобное воздействие глубокого вакуума и других факторов космического пространства на те или иные материалы как раз и есть одна из неожиданностей, подстерегающих космонавта.

В статье «Свободное пространство» К. Э. Циолковский писал: «А человек или животное? Помогут ли им их органы, их двигательные члены, рожденные землей, помогут ли им их члены сдвинуться с места, если нет кругом опоры?.. В этом случае одушевленный предмет приравнивается по своей беспомощности неодушевленному. Никакие страстные желания, никакие дрыгания рук и ног, дрыгания, производимые, нужно сказать, крайне легко, ничто такое не в состоянии сдвинуть центр тяжести человеческого тела». И чтобы эта основная особенность безопорного состояния не стала непреодолимым препятствием, надо было тренироваться еще на Земле. Любопытно, что человек, впервые попавший в условия невесомости, как отмечали многие космонавты, все-таки совершает эти самые «дрыгания» конечностями, пытаясь как бы плыть в воде и почему-то обязательно стилем брасс — «земные инстинкты» дают о себе знать. Смысл наземных тренировок как раз и состоит в том, чтобы выработать у человека новый стереотип поведения, как бы новые «инстинкты» специально для невесомости и безграничного пространства, причем здесь, на Земле.

Естественно, что за прошедшие годы арсенал технических средств для подготовки расширился. Безопорность наиболее корректно моделируется в условиях нейтральной плавучести, когда человек в скафандре, находясь в толще воды, и не тонет, и не всплывает. Метод, считающийся сейчас наиболее эффективным для подготовки к работам в открытом космосе, надежен, дешев и безопасен. Можно, конечно, имитировать безопорность и механическим подвешиванием с помощью тросовых систем, что делать достаточно сложно, или, как я уже говорил, на самолетах, но тогда длительность состояния невесомости слишком мала.

СТО ЛЕТ НАЗАД

В Москве на заседании Общества любителей естествознания и антропологии русский ученый и изобретатель в области аэродинамики и ракетодинамики, основоположник космонавтики, тогда еще скромный учитель гимназии К. Э. Циолковский сделал доклад о разрабатываемом им проекте управляемого металлического пассажирского дирижабля с гофрированной оболочкой.

Русский ученый Д. И. Менделеев поднимается один на воздушном шаре для наблюдения солнечного затмения.

В. А. Джанибеков и С. Е. Савицкая перед выходом в открытый космос подготавливают универсальный ручной инструмент для выполнения сложных технических операций

В. А. Джанибеков готовит скафандры для выхода в открытый космос

В условиях, близких к невесомости, оказывается и парашютист, покинувший самолет. Мало того, прыжки с парашютом помогают человеку научиться управлять своим телом, что тоже очень важно, поскольку «запрограммированные» движения рук или ног позволяют переориентироваться в безопорном пространстве. Уметь совершать подобные «маневры» нужно на тот случай, если, например, откажет система ориентации в установке перемещения космонавта за бортом корабля.

Разобраться во всех тонкостях работы человека в открытом космосе помогает и математическое моделирование, которое широко используется в нашем Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина.

В повести К. Э. Циолковского «Вне Земли» есть такие слова: «Когда открыли наружную дверь, и я увидел себя у порога ракеты, я обмер и сделал судорожное движение, которое и вытолкнуло меня из ракеты. Уж, кажется, привык я висеть без опоры между стенами этой каюты, но когда я увидал, что подо мною бездна, что нигде кругом нет опоры, — со мною сделалось дурно, и я опомнился только тогда, когда вся цепочка уже размоталась, и я находился в километре от ракеты». А что же писал Алексей Леонов, преодолевший и «бездну» пространства, и психологический барьер неизвестности?

«В космосе — мертвая тишина... Должен признаться: я почти не почувствовал этого космического безмолвия... Не ощущал я и громадной скорости корабля, своего полета за ним. Казалось, корабль повис в космической бездне... Беззвучен корабль... Корабль для меня тоже был как бы планетой. Одинокой планетой в безбрежном океане. Он казался мне огромным,

видимо, потому, что его не с чем сравнивать. Фантастическое зрелище! Посмотришь на звезды — они неподвижны. Солнце будто впаяно в бархат неба. Только Земля несется перед глазами. Впечатление именно такое: не сам летишь, а Земля... В самом космосе мне больше всего понравился простор. Вольно, свободно паришь, как птица. Запросто раскидываешь руки, ноги. Будто чувствуешь крылья — сам летишь. Скафандр чуть-чуть стесняет движения... В моем «территориальном владении» большая площадь. Можешь удаляться от корабля назад, вправо, влево, на всю длину фала, можешь лететь вперед, даже опережая корабль. Меня не удерживают стенки корабля, я не в замкнутом пространстве. Чудесное это состояние — «гулять» там, наверху, как у себя дома».

Конечно, Циолковский прежде всего хотел передать всю необычность происходящего, и поэтому его «космонавт» и «обмер», и «опомнился» лишь на большом удалении от корабля. Леонов же все делал осознанно и расчетливо: во время выхода он успел выполнить операцию демонтажа — снял наружную кинокамеру, оценил возможность безопорного полета без контакта с кораблем и маневрирования с помощью фала, запомнил зрительные ощущения в открытом космосе.

Приведу еще слова Е. В. Хрунова, совершившего вместе с А. С. Елисеевым переход через открытый космос из корабля «Союз-5» в корабль «Союз-4» после их стыковки: «Мне первому предстояло покинуть орбитальный отсек корабля. Люк плавно открылся... хлынул поток солнечного света. Я увидел водную поверхность нашей планеты, горизонт и черное небо. Меня охватило какое-то волнение, похожее на предстартовое волнение спортсмена, которое длилось несколько секунд. Затем привычный, отработанный на десятках тренировок ритм работы поглотил меня целиком, и вся энергия мозга и мышц была направлена только на выполнение поставленного перед нами задания...» Обратите внимание на то значение, которое придает космонавт подготовке, и его целеустремленность.

Для работы в открытом космосе необходимо не только специальным образом подготовить космонавта, но и создать соответствующие технические средства, выявить те задачи, которые должен решать человек вне корабля.

Чтобы покинуть корабль или станцию, прежде всего нужна шлюзовая камера — разгерметизируемый отсек, отделенный от других помещений космического объекта. Правда, на практике применялись и другие варианты — разгерметизировался весь объем космического корабля («Джемини», «Аполлон»), но такой подход, требующий предварительной герметизации всего оборудования, на мой взгляд, вряд ли перспективен. А. А. Леонов на «Восходе-2» уже выходил через специальный шлюз. В дальнейшем на орбитальных станциях (советских «Салютах», американском «Скайлэбе», западноевропейских «Спейслэбах») заранее предусматривались шлюзовые камеры. Они достаточно велики (несколько кубических метров), и в них помещаются два космонавта в скафандрах, а также оборудование для работы вне корабля и соответствующие научные приборы. Подобные камеры используются еще в качестве отсека для вакуумных испытаний. Так было, например, на «Союзе-6», где были выполнены первые эксперименты по сварке, резке металлических и неметаллических материалов в космосе.

В шлюзовых камерах сегодня устанавливают также систему разгерметизации и наддува, часть системы жизнеобеспечения и терморегулирования, средства медицинского контроля.

Далее, в открытом космосе, конечно же, нужен надежный и удобный скафандр. Вспомним онять К. Э. Циолковского: «Особая одежда с запасом кислорода и поглотители человеческих выделений дают возможность вылезать наружу... Устраиваются эфирные скафандры (одежды) для безопасного выхода из ракеты в эфир...»

Этот космический корабль в миниатюре должен быть снабжен всем необходимым для жизни человека и позволять ему активно работать.

Скафандр для выхода в открытый космос обладает, помимо герметизирующего, еще и внешним термоизоляционным, противометеоритным, отражающим солнечные лучи слоем. Иногда дополнительно делается и жаропрочная оболочка для защиты от высоких температур. Внутри скафандра появилась одежда, похожая на белье в дырочках (вспомните, когда-то была мода на одежду «в сеточку»). На самом деле это трубопроводы, по которым циркулирует вода, охлаждающая разгоряченного тяжелой физической работой космонавта.

Скафандр превратился в «шкаф», по форме напоминающий человеческую фигуру, со стальным каркасом и дверцей на спине. Попробуйте походить в таком одеянии по Земле — обещаю, ничего не получится, а в космосе все идет отлично. Дело в том, что в невесомости главное — свободное движение рук: космонавт буквально «ходит на руках», т. е. перемещается, перехватывая ими поручни и элементы конструкции. Ноги здесь, можно сказать, «атавистический» орган. Предлагалось даже сконструировать скафаидр в виде мешка с рукавами и шлемом, но без каких бы то ни было «брюк».

И хотя современный скафандр выглядит на первый взгляд неуклюжим и громоздким, похожим на рыцарские доспехи, «неуклюж» он только здесь, на Земле, а в космосе очень удобен для длительных и, в общем-то, утомительных

Солнечная батарея и средства фиксации космонавтов при выходе в открытое пространство. Съемка выполнена В. А. Ляховым и А. П. Александровым во время выхода в открытый космос

Выход в открытый космос Л. Д. Кизима. Фото В. А. Соловьева

работ. В нем можно выполнять очень тонкие операции с мелкими деталями в течение длительного времени. Благодаря герметичным подшипникам в плечевом поясе значительно облегчается движение рук. Современные перчатки позволяют свободно сгибать пальцы. Так что работать с небольшими предметами или, как шутят у нас, «протаскивать нитку в ушко иголки» можно.

В гидролаборатории Центра подготовки я частенько наблюдаю, как на очередной тренировке космонавт втискивается через дверцу в скафандр, как она за ним захлопывается и как он беспомощно «висит» на вспомогательной треноге. Потом кран переносит космонавта к воде, останавливается над ее поверхностью и бережно опускает его в бассейн.

А как все выглядит, если заглянуть в иллюминатор? Включаются прожекторы, подсвечивающие воду, которой в бассейне несколько миллионов литров. Свет делает ее синей, и через эту синеву проступают черты какого-то гигантского монстра на дне. Мы видим специальный макет орбитальной станции «Салют» и корабля «Союз», повторяющий внешние их контуры. На нем установлено различное оборудование (разумеется, опять-таки макеты), есть здесь и поручни, фиксаторы, трапы, крылья солнечных батарей.

Появляются водолазы. Они и помощники и, если нужно, спасатели. Все проверено, инструк-

тор занял свое место у пульта связи, имитирующего Центр управления полетом.

Сверху спускается один космонавт, затем другой. Водолазы помогают им занять исходные места в шлюзовой камере. Через многочисленные отверстия в стенках камеры видно, как идет подготовка к выходу. Наконец, открывается люк камеры, и оттуда выплывает плечистая фигура. Легкое движение — и карабин страховочного фала на поручне. Перебирая руками, космонавт приближается к солнечным батареям. И куда девалась земная неуклюжесть — он действует легко и ловко. Вот космонавты извлекают из контейнера дополнительную солнечную батарею, приводят в действие лебедку, и батарея, как гармошка, растягивается, располагаясь рядом с основной. Еще несколько движений — и батарея установлена. В динамиках слышно, как учащается дыхание космонавтов, они периодически прерывают работу и отдыхают. Так, день за днем отрабатываются различные операции: установка трапа для прохода по поверхности станции на рабочие места, транспортировка контейнера с батареями и т. п.

Не раз, будучи в Центре управления полетом, наблюдал я потом за работой тех же людей в космосе. Просто диву даешься, как четко и уверенно выполняют они задание.

Замечу, что действия космонавтов дублируются здесь «внизу». В тренировочном бассейне

идет так называемое сопровождение реальных работ: выполнил космонавт на орбите какую-то операцию, она повторяется под водой. При необходимости «Земля» всегда готова что-то подсказать, посоветовать. Мне доводилось следить за происходящим по двум стоящим рядом экранам: на одном работа в космосе, на другом — под водой. Зачастую, как идеально натренированные спортсмены в каком-то парном состязании, космонавты, разделенные тысячами километров, одновременно делают одинаковые движения.

Попутно скажу и еще об одной особенности открытого космоса — слепящем и обжигающем излучении Солнца. Там солнечные лучи не рассеиваются как в атмосфере, и переход свет—тень очень резок. К этому тоже надо привыкать на тренировках, где на помощь приходят мощные прожекторы.

Что же еще нужно для работы в открытом космосе? Естественно, разнообразное вспомогательное оборудование. Если, скажем, требуется выполнить операции на внешней поверхности орбитального комплекса, то прежде всего необходимы средства фиксации. Ведь всякое усилие или крутящий момент, прилагаемый космонавтом к любому объекту, порождает, так сказать, реактивную отдачу: силы и моменты, действующие на него самого. Находясь в безопорном состоянии, космонавт, отворачивающий гайку или болт, обязательно начнет вращаться в обратном направлении, а наносящий удар — будет отброшен в противоположную сторону. Правда, есть и другой путь решения проблемы: создать безмоментный инструмент.

В качестве фиксаторов сегодня используются фалы-привязи, клейкие пластины, магниты, тросовые системы. Удобны фиксаторы для ног: закрепив ступни, можно принимать самые разные позы и развивать значительные усилия. Иногда применяются и специальные рабочие места, стационарные или передвижные. Последние можно перенести туда, куда нужно, там смонтировать и приступить к операциям. На рабочем месте есть ящик с инструментом, фара-осветитель, контейнер с деталями и, конечно же, фиксатор.

В открытом космосе зачастую приходится выполнять самые обычные работы, для которых нужны прозаичные молоток, зубило, отвертка, кусачки, плоскогубцы и т. д. Однако эти нехитрые технологические операции ремонтно-восстановительного, профилактического или регулировочного характера сильно отличаются от земных.

Возьмем, скажем, привычный всем нам молоток. На Земле не замечаешь, как он отскакивает после удара из-за силы тяжести. В невесомости же отскок молотка происходит и резче, и с *большей* амплитудой. Как правило, работая молотком, мы стараемся видеть место удара, хотим, чтобы оно находилось в поле нашего зрения, т. е. в общем недалеко от головы. А вот теперь представьте, что вы в скафандре. Рука стеснена и перчаткой, и сочленениями рукава, шлем неподвижен, контролировать отскок молотка очень трудно. Малейшая неосторожность, и можно повредить гермошлем. Приходится и этому учиться на тренировках.

Создаются и «космические» молотки. Они полые внутри и частично заполнены свинцовой дробью. Движущаяся вместе с молотком дробь встречает на своем пути его корпус, уже отскочивший после удара. Энергия дроби частично гасит энергию отскока. Простое и эффективное решение!

В открытом космосе уже испытывались самые разные инструменты (ударные, режущие, крутящие), установки для резки, пайки, сварки металлов и т. д.

Я несколько раз упоминал фал, которым космонавт обычно соединен с кораблем или станцией. Страховочный фал — не только эффективное средство, гарантирующее безопасность (если «привязан», то уж наверняка не улетишь), но и магистраль, питающая космонавта кислородом и электроэнергией, обеспечивающая связь. По длине фал можно нарастить и тем самым расширить зону активной деятельности.

Для автономного движения космонавта в открытом космосе могут быть использованы установки перемещения и маневрирования, позволяющие «отплывать» от корабля на сотни метров. В будущем, надо полагать, появятся грузовые платформы, телеуправляемые роботы-манипуляторы и многие другие технические средства. В любом случае космонавты будут работать в открытом космосе, и с годами, как я думаю, все чаще и все дольше.

Выход А. А. Леонова продолжался 20 мин, из которых 12 он находился вне корабля. Е. В. Хрунов и А. С. Елисеев пробыли в открытом космосе по 37 мин. Потом счет пошел на часы. А восемь выходов Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева длились в общей сложности почти 32 ч.

Вслед за экспериментальными выходами в открытом космосе стали проводиться важные практические работы, техническое обслуживание, ремонт, испытания модернизированных средств для выполнения различных операций. В 1977 г. Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко вышли из станции «Салют-6», чтобы осмотреть стыковочный узел и осуществить ряд научных и испытательных экспериментов. Они пробыли в открытом космосе 1 ч 28 мин. В 1978 г. В. В. Коваленок и А. С. Иванченков за 2 ч 5 мин частично заменили научную аппаратуру на внешней поверхности станции «Салют-6», испытали новую модификацию скафандра.

А. Н. Березовой, находясь в открытом люке переходного отсека станции «Салют-7», помогает в работе В. В. Лебедеву и контролирует его действия. Съемка выполнена во время выхода в открытое пространство В. В. Лебедевым

В следующем году В. А. Ляхов и В. В. Рюмин тоже покидали станцию. В. В. Рюмин «прошел» вдоль всей ее поверхности и отцепил антенну радиотелескопа. А произошло следующее. Для радиоастрономических наблюдений на станции была развернута антенна в виде шестиугольника с максимальным размером 10 м. После экспериментов при отделении она зацепилась за выступающие элементы и повисла, закрыв стыковочный узел. От нее и нужно было освободить станцию, что блестяще сделали космонавты на 172-е сутки своего полета. Сложная аварийно-спасательная операция длилась 1 ч 23 мин.

В 1982 г. уже на станции «Салют-7» А. Н. Березовой и В. В. Лебедев в течение 2 ч 33 мин проводили монтажно-демонтажные работы с научным оборудованием, установленным на ее наружной поверхности.

В 1983 г. В. А. Ляхов и А. П. Александров в своем полете совершили два выхода в открытый космос (2 ч 50 мин и 2 ч 55 мин) и в каждом из них установили по одной дополнительной солнечной батарее. Это уже была операция, направленная на совершенствование станции. Ведь на ней осуществляется большая программа технологических экспериментов, требующих значительных затрат электроэнергии. Кроме того, факторы космического пространства воздействуют на материалы, в том числе и на кремниевые солнечные панели, снижая их производительность.

Отработка методов космического монтажа и демонтажа была продолжена Л. Д. Кизимом и В. А. Соловьевым в их (с О. Ю. Атьковым) самом долговременном в истории космонавтики полете, длившемся 237 сут. Во время шести выходов за пределы станции они демонтировали фрагмент старой солнечной батареи, чтобы на Земле можно было изучить, как на нее повлияли факторы космического пространства, смонтировали две дополнительные солнечные батареи и обводные топливные магистрали двигательной установки. Особенно сложной и ответственной была последняя операция. После подготовительных работ (установка специального трапа, доставка инструментов и материалов) космонавты вскрыли теплозащитный экран станции, разобрали горловину трубопровода, смонтировали клапаны и магистрали, тщательно проверили герметичность собранных конструкций и, наконец, восстановили защитное покрытие. Чтобы выполнить все это, нужны были новые инструменты, которые и были созданы. Ценной

С. Е. Савицкая во время выхода в открытое космическое пространство

Торец агрегатного отсека орбитальной станции «Салют-7». Съемка выполнена во время шестого выхода Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева в открытое космическое пространство, когда ими были завершены монтажные работы на этом торце

информацией обогатилась и космическая медицина: получены сведения о состоянии человека, долгое время интенсивно работающего в скафандре.

Во время этого полета был и еще один выход в открытый космос, но совершили его не Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев, а члены краткосрочной экспедиции С. Е. Савицкая и В. А. Джанибеков. Впервые в истории космонавтики вне космического «жилища» работала женщина. Космонавты испытали универсальный ручной инструмент, позволяющий сваривать, паять, резать металлические пластины и напылять металлические покрытия.

Спустя два года (в 1986 г.) Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев еще дважды побывали в открытом космосе, где, в частности, отрабатывали методы сборки крупногабаритных конструкций и испытали смонтированную ими шарнирно-решетчатую ферму. Если учитывать еще и предшествующий опыт, то можно говорить, что на наших глазах создается и отрабатывается технология космического строительства будущих «эфирных поселений».

Немало сделали в открытом космосе и американские астронавты. Программа «Джемини» (1965—1966 гг.) в основном была экспериментального характера. В ее рамках, в частности, опробовалась установка для перемещения в безопорном пространстве. Правда, эти испытания не были удачными.

При выполнении программы «Аполлон» (1968—1972 гг.) для работ на лунной поверхности использовались системы жизнеобеспечения, скафандры, лунные вездеходы, устанавливалась и обслуживалась научная аппаратура (в основном кассеты-накопители научной информации) на Луне и внешней поверхности корабля, были взяты пробы лунного грунта.

На станции «Скайлэб» Ч. Конраду и П. Вейцу в самом начале полета пришлось провести ряд ремонтных операций по ее спасению. После вывода станции на орбиту у нее оказался разрушенным противометеоритный экран, была повреждена теплоизоляция, не раскрылась одна из солнечных батарей. Астронавты, выйдя в открытый космос, установили теплозащитный экран, раскрыли батарею и восстановили работоспособность станции. По программе «Спейс Шаттл» в открытом космосе испытывается новое оборудование, проводятся работы по техническому обслуживанию, ремонту, монтажу

В открытом космосе уже побывали десятки людей.

Выходы туда становятся все более частыми и подчас абсолютно необходимыми. Несомненно, их роль в таких сферах человеческой деятельности, как обслуживание и ремонт пилотируемых объектов и автоматических спутников, монтажно-демонтажные и сборочные операции, будет неуклонно возрастать. Накопленный опыт, надо полагать, будет полезен и в том случае, если придется оказывать помощь экипажам, терпящим бедствие.

Шаг за шагом человек осваивает космос, проникая в самую его первозданность — открытое космическое пространство. Уже совсем не фантазией представляются нам такие внеземные гигантские сооружения, как исследовательские комплексы, заводы, электростанции, космодромы. Будут собираться там и огромные межпланетные космические корабли, которые смогут достичь окраин Солнечной системы и выйти за ее пределы. И не раз тишину космоса будет нарушать негромкое шипение вырывающегося воздуха, не раз будут открываться люки и в безмолвном пространстве человек в скафандре с инструментами в руках будет делать доброе дело ради процветания цивилизации, ради жизни на Земле, ради мира.

Космос осваивают отважные и мужественные люди. Но смелость эта не сродни отчаянному авантюризму, она зиждется на точном расчете и неустанной тренировке. Чем дальше в космические дали проникнет человек, тем чаще он будет сталкиваться с неизвестным и тем лучше он должен быть подготовлен к тому, что события всегда могут принять неожиданный оборот. Эту мысль я попытался проиллюстрировать своим стилизованным под современную научную фантастику рассказом «Смышленый мальчуган».

Приложение

Смышленый мальчуган

Космос осваивался ошеломляющими темпами. Люди научились строить настоящие поселки на орбитах, целые энергетические поля, заправочные станции, цеха для производства и ремонта, причалы. Все это, подобно небольшим земным городишкам, было разбросано в пространстве. Надо было создавать между ними транспортные магистрали. Рельсы не проложишь, асфальтовую дорогу тоже. И люди придумали небольшие космические корабли, снующие как автомобили на шоссе с людьми, грузами, ценными бумагами, кредитными карточками, справками о разводе, о рождении детей и прочими житейскими атрибутами. Жизнь заполняла вакуум космического пространства. Были и совсем крошечные космические «такси» — ранцы, похожие на рюкзак и крепящиеся на спине космонавта. Ранец был снабжен реактивными двигателями, которые умели возить космонавта по его желанию в любую сторону. Ученые позаботились и о том, чтобы освободить руки космонавта-труженика, ему было достаточно сказать, куда бы он хотел лететь, и ранец исполнял желание космонавта и вез его, куда надо: вперед, назад, вверх, вниз, вправо, влево. «Умный» ранец понимал и воспринимал команды, поданные *голосом* своего и только своего космонавта, и как преданная собака исполнял только его команды. Никто другой не мог бы управлять им, для этого надо было бы сменить индивидуальный фонетический блок — голосовой паспорт хозяина.

Гросс был монтажником высочайшего класса, на его счету были работы у Земли, на Луне и около нее, на орбитах Марса, Юпитера. Он собрал сотни километров энергополей, две стартовые площадки, сварил четыре космических причала.

Гросса любили все, любили и баловали. Когда в Центре управления полетом обнаружили отказ в спутнике-ретрансляторе, руководитель работ, не долго думая, обратился за помощью к Гроссу, благо он находился вблизи спутника, в корабле-перевозчике.

— Гросс, не поможешь ли нам? Надо проверить антенну и повернуть ее на этой проклятой штуковине под названием «ретранслятор». Вся его мощная глотка старается перекричать Вселенную, а нам достается лишь писк и треск. Это я, Фокс, сегодня моя смена.

— А, старина Фокс, привет. Это я сделаю, но включи экономиста с железными мозгами, а лучше со стальными нервами, пусть подсчитает, что тебе и твоей богадельне будет стоить эта работа, и учти, сейчас в зале приемов моя жена и сын, они пришли поговорить со мной, я больше месяца здесь болтаюсь и имею на это полное право, так что считайте, что я работаю в выходные дни, а это значит, Фокс, что в программу железяки надо ввести коэффициент больше единицы. Если расчеты покажут сумму из трех цифр, с меня причитается. Так что к моей посадке зарезервируй столик в баре вашего крикливого заведения. Норма, ты не будешь возражать, если Фокс, ты, я и наш Джимми посидим вечерок под музыку и ропот хвастливых астронавтов? Так что я готов, Фокс.

— Договорились, Гросс, я не сомневался в твоем благородстве и доброте, с твоим безупречным воспитанием и любовью к зеленым бумажкам с цифрами ты всегда готов на подвиги во имя прогресса и науки. Гросс, Норма и Джимми уже здесь, я переключу телесвязь на комнату приемов и сам буду там. Пусть они посмотрят на твои подвиги, не зря же пришли. У вас ведь по

плану космическое свидание через полчаса. Джимми уже мне до плеча, это в его-то девять лет! Да, Норма согласна на ресторан, я тоже.

— Хорошо, Фокс, валяй, пусть посмотрят. Пусть узнают, за что мне платят и что Норма превращает в браслеты и шубы. Даже белые шубы рождаются здесь, в черном космосе.

Фокс проводил Норму и Джимми в комнату приемов, включил систему, и все трое уселись в мягкие кресла около большого экрана. На экране улыбающийся Гросс облачался в космические доспехи. Его скафандр стоял прямо во весь рост, а рядом суетился Гросс. Было такое впечатление, что их на корабле двое, двое молчаливых друзей, делающих общую работу. Но вот Гросс ловко нырнул куда-то в утробу своего двойника, и на экране стало оживать «космическое чучело». Неуклюжие движения рук и ног, огромная голова-шлем делали космонавта похожим на сказочного персонажа.

— Все в норме, Гросс? — спросил Фокс.

— Да, Фокс, все как будто в порядке, системы работают, моя вторая кожа надежна, жаль с ней расставаться, этот скафандр очень удобен, он уютный, я к нему привык. А вот ресурс выработан до предела, надо его менять. Но это после отпуска, после пенящихся волн, яхты. Да, Норма? Как там наш Джимми?

Фокс сунул микрофон мальчугану.

— Папа, папа, а меня к морю возьмешь? Ты обещал научить меня кататься на доске по волнам, папа, помнишь, ты обещал? А еще ты обещал научить меня ездить на машине, папа?

— Я все помню, Джимми, обязательно научу, а еще я придумал вот что: мы с тобой опустимся на дно залива в стеклянном шаре и долго будем смотреть на рыб и осьминогов, не испугаешься?

— Нет, папа, не испугаюсь, я буду таким же смелым, как и ты.

Фокс взял микрофон.

— Ну что, Гросс, пошел?

— Да, старина, пополз на «свежий воздух». Пойду погуляю и проветрюсь.

Фигура исчезла в шлюзовой камере. На экране появилась внешняя сторона корабля. Вот плеснула струя — это воздух и пар вырвались через клапан в космос. Стенка дрогнула, и на ней зачернела зияющая дыра — открылся люк. Гросс высунул голову, потом вылез по пояс и приветственно взмахнул рукой. Выбравшись из корабля, он ловко втиснул свое горбатое тело в кресло космического «такси».

— Даю расцепку, — скомандовал Фокс.

Скафандр с причудливым ранцем на спине отделился от корабля.

— Пошел, — известил Гросс.

— Вперед, — подал он отрывистую команду.

За спиной брызнуло пламя, и Гросс спокойно и величаво поплыл в пространстве навстречу далекому спутнику.

— Аккуратнее, Гросс, в километре от тебя автомат, его готовят к переводу на стационар, будут включать двигатель, так что будь осторожнее.

— Хорошо, Фокс, на километр я не ошибусь.

— Вверх.

Пламя теперь взметнулось снизу, и Гросс поплыл вверх.

Норма и Джимми внимательно следили за акробатическими упражнениями Гросса, восхищаясь им и его умением.

Вой аварийной сирены заставил вздрогнуть всех. Норма схватилась за сердце, Фокс окинул взглядом пульт контроля — все было в порядке.

— Это не у нас, Норма, успокойся, — сказал он, погладив ее по голове, как ребенка.

— Всем руководителям автономных программ срочно собраться в центральном зале, — прохрипели динамики, — на спутнике включилась плазменная ступень малых двигателей, всем разослать сигналы предупреждения, срочно явиться для разработки экстренных мер.

Фокс вскочил, выкрикнул в микрофон: «Максимум осторожности, Гросс», — и выбежал из зала.

— Мама, я хочу пить, — захныкал Джимми.

— Сейчас, малыш, сейчас, потерпи, я принесу.

Норма поспешила в бар. Оставшись один, Джимми решил поиграть в дядю Фокса. Он схватил микрофон и стал командовать, подражая ему:

— Вперед, назад, влево, вправо, вперед, вперед, — сыпал он команды в эфир. У него неплохо получалось, Джимми был способный мальчуган.

Гросс не понимал, почему взбесился его космический ранец, переставший слушаться его команд. Его несло прямо на светящийся шар переливающейся плазмы.

Точка на экране, в которую превратился удаляющийся Гросс, неотвратимо сближалась с огненным шаром и, наконец, исчезла, слившись с ним воедино.

— Вправо, влево, вперед, вперед, вперед, — командовал Джимми.

Вернулась Норма с бокалом апельсинового сока и куском яблочного пирога. Увидев играющего сына, она заулыбалась, глаза ее потеплели и засветились гордостью и счастьем.

— Джимми, ты будешь космонавтом, как папа, у тебя такой взрослый *голос*, точь-в-точь как у отца.

На экране светился огромный огненный шар, отражавшийся в расширенных от ужаса глазах Нормы.

— Вперед, — кричал громче прежнего малыш, одобренный похвалой матери.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Наука — большая наука — всегда двигала и будет двигать техническую мысль.

П. Л. Капица

А. Г. АГАНБЕГЯН
О радикальной реформе управления

Е. П. ПОПОВ, Г. В. ПИСЬМЕННЫЙ
Адаптивные работы для гибких производственных систем

Н. А. БОРИСЕВИЧ
Пикосекундная техника и сверхбыстрые процессы в сложных молекулах

Н. С. ЕНИКОЛОПЯН, М. Л. ФРИДМАН
Химия твердого тела — новая наука и новая технология

Абел Гезевич АГАНБЕГЯН (р. 1932) — экономист, академик, академик-секретарь Отделения экономики АН СССР, председатель Комиссии по изучению производительных сил и природных ресурсов при Президиуме АН СССР. Родился в Тбилиси. В 1955 окончил Московский государственный экономический институт по специальности «Политическая экономия». Работал в Государственном комитете Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы. В 1961 был переведен на работу в Сибирское отделение АН СССР, где вначале работал заведующим лабораторией, а с 1967 по 1985 — директором Института экономики и организации промышленного производства СО АН СССР. Ныне — академик-секретарь Отделения экономики АН СССР.

В 1958 защитил кандидатскую диссертацию. В 1963 за диссертационную работу «Экономико-математические модели перспективного планирования» ему была присуждена ученая степень доктора экономических наук. В 1964 избран членом-корреспондентом, а в 1974 — действительным членом Академии наук СССР.

Автор более 140 научных работ, в том числе нескольких крупных монографий в области политической экономии и математических методов в экономических и социологических исследованиях. Среди научных работ А. Г. Аганбегяна — монографии: «Заработная плата в СССР» (1959), «Вопросы теории монопольной цены» (1961), «Экономико-математический анализ межотраслевого баланса СССР» (1968), «Система моделей народнохозяйственного планирования» (1972), «Управление социалистическим производством» (1979).

А. Г. Аганбегян главный редактор журнала «Экономика и организация промышленного производства» («ЭКО») Сибирского отделения АН СССР.

А. Г. АГАНБЕГЯН

О радикальной реформе управления

Почему именно реформа управления занимает столь важное место в программе ускорения социально-экономического развития страны? Потому, что она поможет вовлечь в этот процесс широкие массы людей, даст простор их инициативе и живому творчеству и в конечном счете обеспечит выполнение намеченной перестройки на нынешнем крутом переломе истории

Радикальная реформа управления в СССР, намеченная XXVII съездом партии, — это коренная, качественная перестройка, революционный сдвиг. Ее характерная особенность — не улучшение отдельных элементов или сторон управления, а глубокое преобразование всех существенных сторон системы хозяйствования в их взаимосвязи и как результат — переход к новой целостной системе управления.

Съезд отметил, что советская экономика за минувшую четверть века добилась внушительных успехов. Упрочилось положение нашей страны как великой, могущественной державы. Но в силу коренного изменения экономических условий стала необходимой новая экономическая стратегия. Главный ее стержень — курс на ускорение экономического и социального развития страны.

Действующая система управления сформировалась в условиях преобладания экстенсивных факторов экономического роста, когда возможности привлечения дополнительных ресурсов в производство были весьма велики. В этих условиях на первом плане стояли задачи расширения масштабов производства. Теперь ситуация кардинально изменилась. Прирост производственных ресурсов за последние двадцать лет сократился в среднем втрое, и поскольку не были предприняты решительные действия по перестройке, преобладание экстенсивных тенденций привело к значительному замедлению темпов экономического роста. Именно поэтому необходимо осуществить решительный перелом, резко повысить темпы социально-экономического развития.

Следует подчеркнуть, что этого ускорения предстоит достигнуть в условиях дальнейшего сокращения прироста всех производственных ресурсов. Численность работников, занятых в материальном производстве, прежде всего из-за демографических последствий войны, в двенадцатой пятилетке не будет увеличиваться, а в 90-е абсолютно будет сокращена. Впервые в нашей истории мы должны уже в ближайшие годы весь прирост общественного производства получать за счет увеличения производительности труда, а в последующем увеличивать ее быстрее, чем растет производство. В целом за пятнадцатилетний период до 2000 года предстоит повысить производительность общественного труда в 2,3—2,5 раза. Заметим, что за предшествующие 15 лет (1971—1985 гг.) она выросла в 1,7 раза.

Сокращается в перспективе и прирост топливно-сырьевых ресурсов. Это связано с ухудшением горно-геологических условий добычи топлива и сырья, с исчерпанием старых месторождений и необходимостью перебазировать топливно-сырьевые базы в новые районы освоения на северо-восток. В результате значительно растут затраты в добывающей промышленности, особенно удельные капитальные вложения. С другой стороны, в результате научно-технического прогресса были разработаны эффективные ресурсосберегающие технологии, и оказалось: чтобы сэкономить 1 тонну топлива и сырья, нужно затратить в 2—2,5 раза меньше средств, чем добыть эту тонну. Естественно, рост добывающей промышленности резко замедлился и потребности в топливе и сырье стали все больше удовлетворяться за счет снижения норм их расхода, т. е. за счет экономии. И в дальнейшем неизбежно (это общемировая тенденция) сокращение прироста добычи топлива и сырья.

Происходит и сокращение прироста основных производственных фондов (здания, машины и т. д.). Это связано с тем, что в прошлом сокращался рост капитальных вложений. Напомню, что за предшествующие 15 лет основные производственные фонды выросли в 3 раза при росте национального дохода, используемого на потребление и накопление, в 1,8 раза. Теперь же за будущие 15 лет предстоит увеличить национальный доход почти в 2 раза при росте основных производственных фондов вдвое. Из этих соотношений прошлого и буду-

щего легко увидеть необходимость коренных изменений в динамике фондоотдачи (объем продукции на единицу основных фондов).

Попытаемся суммировать изложенное в интегральных показателях прироста ресурсов и прироста эффективности общественного производства. Для этого нужно все виды ресурсов (численность занятых в материальном производстве, потребление топлива и сырья, основные производственные фонды, производственные капитальные вложения) свести к единой мере. Это можно сделать, поскольку в основе всех видов ресурсов лежит одна субстанция — труд, хотя и в разных формах. В основных производственных фондах овеществлен труд многих лет, когда эти фонды создавались, в топливе и сырье овеществлен труд прошлого года, когда они были добыты. Рабочая сила, занятая в материальном производстве, тоже проявляет себя в труде, суммарный объем которого не сложно подсчитать. Все эти виды разнородного труда можно свести к единой мере через нормы эффективности. Результаты подобных расчетов показаны в табл. 1.

Таблица 1

Прирост в процентах по пятилеткам

Показатели	IX пятилетка	X пятилетка	XI пятилетка	XII пятилетка	XIII и XIV пятилетки (в среднем)
Национальный доход, используемый на потребление и накопление	28	21	16,5	22	28
Производственные ресурсы	21	13	9	7	6
Эффективность общественного производства	6	7	7	14	20
Доля интенсивных факторов в экономическом развитии	$^1/_4$	$^1/_3$	$^2/_5$	$^2/_3$	$^3/_4$

Эти данные, разумеется, не претендуют на особую точность, но исчисленные по единой методике, они дают, как представляется, верную картину динамики. В прошлые три пятилетки интегральный показатель эффективности возрастал всего на 6—7% за каждые пять лет. В двенадцатой пятилетке предстоит сделать качественный скачок и поднять прирост эффективности вдвое. С одной стороны, нужно добиться дополнительного прироста эффективности для того, чтобы компенсировать дальнейшее сокращение прироста ресурсов (с 9% в одиннадцатой пятилетке до 7% в двенадцатой), а главное — эффективность должна вырасти еще больше, чтобы обеспечить намеченное значительное ускорение в социально-экономическом развитии страны. В итоге вместо 7% увеличения интегрального показателя за каждую из предшествующих трех пятилеток нам нужно в двенадцатой пятилетке обеспечить рост этого показателя на 14%. Еще в 1,5 раза предстоит ускорить динамику этого показателя в 90-е годы в основном для того, чтобы обеспечить дальнейшее ускорение социально-экономического развития.

Мне приходится много выступать по проблемам перестройки хозяйственного механизма, и часто слушатели задают вопрос: реальна ли такая грандиозная программа? Бесспорно, реальна. Она глубоко научно обоснована и зиждется на колоссальных возможностях социалистической системы, которая позволяет мобилизовать резервы нашего общества для того, чтобы сделать еще один большой шаг в создании экономики нового типа, какой еще не знала история.

Главным стратегическим рычагом ускорения социально-экономического развития страны, всесторонней интенсификации народного хозяйства явится научно-технический прогресс. Он включает в себя как эволюционный процесс совершенствования действующей техники и технологии, ее модернизации, так и революционную смену поколений техники, замену старой технологии принципиально новой. И именно на революционные формы научно-технического прогресса нужно сделать сейчас ставку — широко использовать самые высокие достижения НТР.

Поворот к этому предусмотрен уже в плане на двенадцатую пятилетку. В 1990 году, например, от 80 до 95% основных видов выпускаемой продукции в машиностроении должно соответствовать мировому уровню, в то время как в настоящее время таким требованиям удовлетворяет только 29% серийно производимой машиностроительной продукции. В связи с этим ежегодно ее обновление будет увеличено с 3,1% в 1985 году до 13% в 1990 году. В результате будет обновлено за пять лет почти 60% активной части основных производственных фондов машиностроения. Эта новая инвестиционная и структурная политика направлена прежде всего на техническое перевооружение действующих предприятий, в первую очередь машиностроительных. Имеется в виду в короткий срок осуществить глубокую техническую реконструкцию машиностроения, перейти на массовый выпуск принципиально новой более эффективной техники и на ее основе начать перевооружение всех других отраслей народного хозяйства. При этом установлено, что новые машины и оборудование, которые ставятся на производство, должны иметь уровень производительности и надежности, в 1,5—2 раза больший в сравнении со старой

техникой, которую они заменят. Притом обязательное требование — соответствие этой новой техники лучшему мировому уровню.

Конечно, перестройка машиностроения, переход на массовый выпуск новой более эффективной техники и обеспечение ею всего народного хозяйства, широкая замена действующих технологий новыми — все это требует времени. Решающий шаг делается в двенадцатой пятилетке, но главный эффект будет получен в последующий период. Ограничусь одним примером.

Крупная техническая реконструкция полным ходом идет на Горьковском автозаводе. Взамен давно выпускаемой модели — грузовика ГАЗ с бензиновым двигателем — намечено перейти к производству принципиально нового грузовика на дизельном двигателе. Производительность труда на новом грузовике в среднем повышается в 1,5 раза, расход топлива снижается с 19 литров бензина до 14 литров более дешевого дизельного топлива в расчете на 100 км пути, причем взамен одиночных бортовых автомобилей (грузоподъемностью в 4,5 тонны) широкое распространение получат автопоезда грузоподъемностью в 9,5 тонны с герметизированными металлическими кузовами. На 100 тыс. километров увеличивается пробег грузовика до капитального ремонта и почти в 1,5 раза снижаются затраты на обслуживание. По заключению Государственной комиссии ежегодный эффект в народном хозяйстве от применения 60 тыс. новых грузовиков составит около 400 млн. рублей, срок окупаемости затрат на техническое перевооружение и реконструкцию ГАЗа — всего три года.

Огромная эффективность! Но чтобы ее достигнуть, нужно построить дизельный завод стоимостью 800 млн. рублей, технически переоснастить другие производства, затратив еще 500 млн. рублей. Первая серия новых грузовиков должна быть выпущена в 1988 году. На двенадцатую пятилетку в основном падают затраты, зато в тринадцатой пятилетке народнохозяйственный эффект от реконструкции будет резко нарастать и достигнет своего максимума, когда вступит в строй и вторая ее очередь. Так что еще больший эффект будет достигнут в четырнадцатой пятилетке.

Именно на тринадцатую и четырнадцатую пятилетки, как видно из приведенных выше цифр, намечено дальнейшее существенное ускорение социально-экономического развития страны. Что же касается двенадцатой пятилетки, то ускорения социально-экономического развития здесь предстоит добиться как бы двойной тягой: и за счет ускорения научно-технического прогресса, и в значительной мере за счет мобилизации организационно-экономических и социальных факторов и возможностей. Эти факторы и резервы связаны прежде всего с человеком, с отношением к труду, с организацией коллективной работы людей. Речь идет о лучшем использовании имеющегося производственного потенциала, о более производительной работе, о дополнительной экономии материальных ресурсов.

Естественно, возникает вопрос: как велики резервы, которые можно привести в действие с помощью радикальной реформы управления? Для ответа на этот вопрос, по-видимому, лучше всего обратиться к историческому опыту нашей страны и посмотреть, как менялась динамика показателей эффективности при предыдущей крупной перестройке хозяйственного механизма. Имеется в виду период 1964—1965 годов, когда была изменена организационная структура управления (от совнархозов мы перешли к отраслевому управлению при укреплении центральных органов экономического руководства), осуществлена реформа в сельском хозяйстве и в промышленности. Итоговые результаты социально-экономического развития страны за годы восьмой пятилетки (1966—1970 гг.), на которых сказалась перестройка управления, в сравнении с предшествующими пятью годами, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Прирост в процентах по пятилеткам

Показатели	1961—1965 гг.	1966—1970 гг.
Национальный доход, используемый на потребление и накопление	32	41
Производственные ресурсы	22	20
Эффективность общественного производства	9	18

В восьмой пятилетке по всем видам производственных ресурсов был меньший прирост, чем в предшествующем пятилетии. И тем не менее конечный результат — увеличение национального дохода было существенно большим за счет удвоения темпов роста эффективности общественного производства. В 1,5 раза ускорился рост производительности труда, в значительной мере удалось приостановить падение фондоотдачи, заметно ускорилась оборачиваемость оборотных средств и снизились сверхнормативные запасы, достигнута значительная экономия топлива и сырья. И нет сомнения в том, что главная причина этого ускорения и подъема эффективности — мобилизация организационно-экономических и социальных резервов в результате экономической реформы.

К сожалению, когда эти резервы стали полнее использоваться и каждый новый шаг давался с все бóльшим трудом, перехватить и углубить ускорение за счет научно-технического прогресса не удалось. В этом одна из существенных причин значительного сокращения темпов роста национального дохода в целом и особенно

зателей эффективности в последующие годы — девятой пятилетке. Вторая причина в том, что экономическая реформа 1965 года не была всеобъемлющей, не охватывала все отрасли и сферы хозяйства. Она ограничилась организационными перестройками и введением нового хозяйственного механизма в промышленности и в сельском хозяйстве. Почти не были затронуты строительство, транспорт, торговля, непроизводственные отрасли.

Нынешняя радикальная реформа управления отличается принципиально во многих отношениях. Попытаюсь выделить наиболее существенные.

Во-первых, главная цель нынешней реформы, как она обозначена в материалах XXVII съезда и других партийных документах, состоит в том, чтобы создать такой хозяйственный механизм, при котором деятельность производителя была бы в полной степени подчинена удовлетворению общественных потребностей, был бы ликвидирован диктат производителя над потребителем, ликвидирован дефицит.

С точки зрения эффективного развития экономики этот пункт представляется ключевым. Дефицитная экономика не может быть высокоэффективной. Ведь само понятие эффективности в наших социалистических условиях — это в конечном счете степень удовлетворения общественных потребностей, а дефицит как раз и является показателем отрыва производства от конечных потребностей общества. Подчинить производство задачам потребления, до конца устранить дефицит во всех сферах народного хозяйства — это труднейшая задача, и задача всесторонняя. Здесь какой-либо одной мерой или перестройкой какой-либо одной стороны управления не обойтись, нужна коренная, комплексная перестройка системы планирования с ориентацией ее на общественные потребности, на конечный результат. Во многих случаях потребуется также существенная перестройка структуры производства, повышение его гибкости, изменение ассортимента, переход к выпуску более эффективной, более качественной продукции.

Как известно, первые шаги по перестройке системы управления, предпринятые центральными органами, идут в этом направлении. В новом хозяйственном механизме, принятом, например, для легкой промышленности, предусматривается, что планы предприятий будут формироваться по заказам торговли, которая, в свою очередь, отвечает за более полное удовлетворение платежеспособного спроса населения. Этот шаг в серьезном изменении системы планирования, когда план должен формироваться на основе заказов и сам выступать как заказ, — одно из коренных направлений, на наш взгляд, радикальной реформы управления. Система заказов — первый шаг для подчинения производства интересам потребителей.

Более полно, чем это было раньше, интересам потребителей будет подчинено и развитие сельского хозяйства. Введенный здесь новый хозяйственный механизм не только ориентирует колхозы и совхозы на удовлетворение общественных потребностей в сельскохозяйственной продукции, зафиксированное в планах закупок, но и предоставляет возможность продукцию, произведенную сверх этих фиксированных на пять лет вперед планов, реализовать многоканальным путем по разным ценам — и через сеть государственных заготовительных органов, и через потребкооперацию, и непосредственно на колхозном рынке. Во всех этих случаях объем и ассортимент производимой сельскохозяйственной продукции будет теснее привязан к реальному на нее спросу.

Во-вторых, нынешняя реформа должна создать организационные, экономические и социальные условия, обеспечивающие ускорение научно-технического прогресса, революционные сдвиги в науке и технике.

Нет необходимости подчеркивать, что у советской науки сильные позиции, у нее немало замечательных фундаментальных достижений в различных областях знания — со многими из них читатели ежегодника «Наука и человечество» уже знакомы. Сейчас нам нужно повысить роль исследовательских коллективов, создающих теоретические основы принципиально новых видов техники и технологии.

При перестройке организационной структуры управления особое внимание уделено интеграции науки и производства, включению большинства отраслевых научно-исследовательских институтов в состав научно-производственных и производственных объединений. По важнейшим направлениям внедрения достижений науки и техники в производство формируются научно-производственные объединения, которые должны стать форпостами осуществления НТР. Созданы межотраслевые научно-технические комплексы для решения ряда основополагающих научно-технических проблем и широкого внедрения результатов этих разработок в практику. Меняется содержание функций министерств — они должны превратиться прежде всего в научно-технические штабы своих отраслей.

Перестройка планирования тоже осуществляется с акцентом на ускорение научно-технического прогресса. Признано необходимым, чтобы он стал как бы несущей конструкцией всех разделов плана. И система цен должна быть ориентирована на стимулирование научно-технического прогресса. Предстоит пересмотреть также амортизационные нормы, с тем чтобы сделать экономически [illegible] обновление производ[illegible] [illegible] гий.

В-третьих, радикальная реформа управления предполагает перевод объединений и предприятий на полный хозрасчет. Он заключается в том, что за счет средств предприятий, полученных от реализации продукции, покрываются не только текущие расходы на производство, но и капитальные затраты на расширенное воспроизводство, прежде всего связанные с техническим перевооружением и реконструкцией. Присоединяюсь к мнению многих экономистов, которые считают, что в понятие полного хозрасчета входит также оплата за счет средств предприятий используемых природных ресурсов, производственных фондов, капитальных вложений, рабочей силы.

Более полному хозрасчету объединений и предприятий соответствует система самофинансирования, которая экспериментально проверялась на ВАЗе и Сумском НПО им. Фрунзе и дала хорошие результаты. Она предусматривает формирование фондов стимулирования от прибыли по нормативам длительного периода (подробнее об этом см. ниже). В результате прибыль выступает как важнейший обобщающий и результативный показатель деятельности. Думается, что принцип самофинансирования, отказ от взносов в бюджет остаточной прибыли и переход на нормативный метод ее распределения — важные звенья хозяйственного механизма будущего. Так что этот эксперимент во многом прокладывает нам перспективный путь перехода к новому хозяйственному механизму.

В-четвертых, принципиально по-новому в перспективе будет строиться материальное обеспечение объединений и предприятий, их взаимодействие с поставщиками и потребителями. Эта проблема представляется одной из центральных, краеугольных в новом хозяйственном механизме. В определенном смысле это — фокус ряда проблем. На наш взгляд, предстоит заменить централизованное фондовое распределение средств производства многоканальной торговлей этими средствами, когда предприятия и объединения в зависимости от эффективности могут либо прямо вступать во взаимоотношения между собой по купле-продаже продукции, либо взаимодействовать через хозрасчетных посредников в лице оптовых торговых баз, контор снабжения и т. п.

Решение этой задачи во многом связано с состоянием финансово-кредитной системы. Ее недостатки, как известно, остро критиковались в Политическом докладе ЦК КПСС XXVII съезду партии. Целесообразно нацелить кредитную систему не на латание дыр в хозяйстве и финансовую поддержку плохо работающих объединений и предприятий, а на предоставление дополнительных ресурсов для ускорения научно-технического прогресса, осуществление других высокоэффективных мероприятий. Резко следовало бы поднять роль банков как важных экономических центров страны, на деле реализовать имеющиеся на этот счет известные ленинские указания.

Наконец, переход к оптовой торговле и прямым связям между предприятиями неразрывно связан с коренной перестройкой всей системы цен, ибо эта торговля и эти связи осуществляются на эквивалентной основе по установленным ценам.

В ходе обсуждения проблем ценообразования выявились два подхода. Один состоит в том, что существующая система цен и ее общий уровень в основном соответствуют новому этапу развития, новому хозяйственному механизму и должны быть лишь усовершенствованы.

Другая позиция, которой я тоже придерживаюсь, такова: существующая система цен, сложившаяся в условиях преобладания административных методов, экстенсивных тенденций, не соответствует новому этану развития страны, задачам ускорения, перевода объединений и предприятий на полный хозрасчет. Оценка целых групп продуктов пока еще резко отклоняется от общественно необходимых затрат и не служит мерилом народнохозяйственной эффективности этих продуктов. Поэтому необходим глобальный пересмотр системы цен как единого целого во всех ее существенных частях.

Целесообразно значительно повысить цены на топливо и сырье, учесть в них дифференциальную ренту, которая должна взиматься с предприятия в виде платы за природные ресурсы. Заниженность цен на эти ресурсы в сравнении и с общественно необходимыми затратами на них, и с мировым уровнем цен — один из главных факторов расточительства в использовании топлива, металлов и другого сырья. Достаточно сослаться на низкую цену мазута, что делает его применение как топлива выгодным в сравнении, например, с углем. Цена на природный газ занижена до такой степени, что экономически невыгодно утилизировать выходящее из газоперерабатывающих установок тепло (при температуре газа 300°) и рентабелен КПД этих агрегатов 24—28%, в то время как легко можно довести его до 35—40%. Экономически невыгодно во многих случаях закачивать в пласт пар, углекислоту и т. п., что позволило бы извлечь дополнительное количество нефти, но по себестоимости, превышающей ныне заниженные цены на нефть.

Перестройка системы цен должна помочь и повышению качества изделий. Цены нужно установить таким образом, чтобы низкокачественные изделия, не соответствующие мировому уровню, были убыточны — это стимулировало бы переход на новую более эффективную продукцию.

Наша страна все в большей мере включается в мировой внешнеэкономический оборот. Вне-

шнеэкономические связи будут развиваться и дальше. В этих условиях при внутреннем ценообразовании в определенной мере нужно учитывать сложившиеся на мировом рынке устойчивые соотношения в ценах на разные группы товаров. Выйти на передовые рубежи в мире — решение этой задачи касается не только производительности труда, качества продукции, но и всех показателей эффективности затрат на производство продукции. Мы можем, к примеру, произвести отдельные интегральные схемы на мировом уровне. Но дело не только в этой возможности и даже не только в масштабах производства таких схем. Важны затраты, цена этих схем. Если внутренняя цена современной интегральной схемы в 5, 10 и даже больше раз выше, чем у такой же схемы в Японии или США, то эту схему экономически невыгодно широко использовать в производстве различной аппаратуры, например в приемниках или магнитофонах, поскольку их не будут покупать. И вот при наличии большого производства интегральных схем радиоаппаратура в нашей стране до сих пор производится на примитивных (вот как меняет оценки технический прогресс!) полупроводниковых приборах. Поэтому, допустим, магнитола, вместо того чтобы состоять из нескольких десятков автоматизированно изготовленных гибридных схем, включает примерно 2 тыс. полупроводниковых приборов, во многом собранных на платы вручную. Каждому понятно, что такая магнитола обладает в несколько раз меньшей надежностью, в несколько раз выше ее вес, хуже параметры и т. п. Таким образом, цена может явиться мощным стимулятором научно-технического прогресса, повышения качества продукции, более полного удовлетворения спроса.

В социалистическом обществе мы не можем допустить стихии рынка, стихийной игры цен в соответствии с колебаниями спроса и предложения. Товарно-денежные отношения в наших условиях отражают социалистические производственные отношения, ибо товаропроизводителями выступают социалистические предприятия, в большинстве своем принадлежащие государству. Соответственно и рынок во взаимоотношениях этих предприятий, во взаимодействии государства и колхозов, предприятий и населения является социалистическим. Он ограничен в том смысле, что рабочая сила, природные ресурсы, сами предприятия не являются объектом купли и продажи. Нет у нас и рынка ценных бумаг с биржей и т.п., нет и конвертируемости валюты. И поэтому колебания мирового рынка не влияют так сильно на нашу страну, как на капиталистические страны.

Такому социалистическому рынку должна соответствовать и система цен. Цены на основные виды продукции, определяющие структуру *народного* хозяйства, и впредь должны устанавливаться централизованно. И это важная форма централизованного планирования. Другое дело — цены на единичные изделия или изделия, выпускаемые небольшой серией, или на изделия повышенного качества. Такие цены, устанавливаемые по четким, введенным государством правилам, исключающим получение необоснованных прибылей, могли бы быть во многом договорными, устанавливаться по соглашению производителей и потребителей. Необходим, следовательно, серьезный шаг по пути децентрализации системы оптового ценообразования при оставлении ключевых рычагов в руках государства.

Подводя итоги сказанному, еще раз подчеркнем, что проблемы развития оптовой торговли и прямых связей, финансово-кредитного механизма и ценообразования связываются в единый тугой узел, хотя каждая из этих подсистем хозяйственного механизма имеет и свои существенные самостоятельные задачи. Такой сложности проблем глубокой перестройки всех этих подсистем в их единстве раньше не возникало.

В-пятых, устанавливается тесная взаимосвязь между результатами хозяйственной деятельности объединений и предприятий и заработной платой работников, системой льгот и выплат. При реформе 1965 года ее важным элементом было адресное директивное планирование фонда заработной платы. По нормативам, притом пересматриваемым каждый год, формировались лишь фонды стимулирования, в том числе фонд поощрений, который стал дополнительным источником премирования и других выплат трудящимся. Но в основном он использовался для премирования руководящих и инженерно-технических работников, поскольку рабочие получали премии из фонда заработной платы. Сама же система оплаты труда в то время не претерпела существенных изменений. Права предприятий в области труда и заработной платы тоже не были сколько-нибудь заметно расширены, кроме прав в использовании фонда материального поощрения. Нынешняя реформа управления кардинально меняет эти положения.

Начну с того, что директивное планирование фонда заработной платы повсеместно заменяется экономическим нормативом его образования, устанавливаемым на пять лет вперед. Образующаяся на предприятиях экономия по этому фонду остается в их распоряжении, может накапливаться и никак не влияет на план по данному фонду на следующий год. При этом руководителям предприятий предоставлены широкие права и возможности использовать экономию фонда заработной платы для введения дополнительных надбавок к тарифам и окладам до 30—50% по разным категориям, на дополнительное премирование и т. п. Скажем, по инженерам будет дана намного большая, чем раньше, вилка окладов и

разрешено к тому же вводить еще надбавки к заработной плате.

Другое нововведение, существенно отличающее нынешнюю ситуацию от условий 60-х годов, — широкое распространение по инициативе самих рабочих коллективных форм организации и оплаты труда. Дело началось, как известно, с организации бригад, лучшие из которых достигли заметного повышения производительности и улучшения качества работы. Но массовый переход на бригадную форму в промышленности и строительстве не дал крупных сдвигов в ускорении производительности труда. И связано это не только с тем, что во многом массовый охват рабочих бригадной формой был формальным. Большинство бригад были мелкие, не переведены на хозрасчет, не оплачивались коллективно за конечные результаты, слабо внедрялся подряд. До недавнего прошлого бригадная форма была распространена только у рабочих, и хотя переход к ней требовал серьезной перестройки и усиления инженерных и экономических служб предприятий и строек, руководители и инженерно-технический персонал материально не были заинтересованы в этой перестройке, в переходе к соответствующему планированию, материальному обеспечению бригад всем необходимым, притом своевременно, в усилении контроля за техникой безопасности и т. п. Без инженерной поддержки бригады, естественно, не могли показать все, на что способны.

Новые более высокие формы коллективной организации труда и его оплаты с включением инженерно-технических работников стали возникать относительно недавно и охватывать уже целые участки, цеха и даже предприятия. Примеры эффективной работы таких подрядных коллективов приводились выше, причем этот коллективный подряд может быть менее или более полным. Одно дело, когда коллективное стимулирование касается только трудоемкости; другое дело, если начинают учитываться в комплексе экономия материальных ресурсов, степень использования производственных фондов, более полно оценивается качество продукции.

Экономическая эффективность коллективных форм далеко не исчерпывает их значимости. Нужно учесть также социальный эффект, школу самоуправления, которую трудящиеся проходят в первичных трудовых коллективах. Проблема заключается в том, чтобы сомкнуть эти коллективные формы организации и стимулирования труда, преобразующие хозяйственный механизм на подрядных началах снизу, с осуществляемой сверху перестройкой системы управления.

Как известно, к материальному стимулированию трудового коллектива можно подойти по-разному. Главный путь, принятый сейчас при перестройке управления, — уже упомянутое введение экономических нормативов формирования заработной платы и фондов стимулирования. Здесь фонд заработной платы отделяется от прибыли и от фонда поощрений. Другой возможный подход — стимулирование коллектива от валового дохода, который образуется после вычета из всей выручки предприятия материальных затрат, взаимоотношений с бюджетом, банком, поставщиками и т. п. Остаточный валовой доход предприятие может использовать на создание своих фондов (по определенным правилам) и на оплату труда работников. Эта форма стимулпрования более тесно и непосредственно увязывает доход коллектива с эффективностью работы по всем линиям — не только с производительностью труда, но и с экономней материальных ресурсов, степенью использования производственных фондов, природных ресурсов, капитальных вложений и т. п. На наш взгляд, следовало бы постепенно продвигаться по этому пути, копить опыт вначале, может быть, по предприятиям, производящим стандартную продукцию, при фиксированных условиях.

И наконец, в-шестых, радикальная реформа хозяйственного механизма включает широкое привлечение трудящихся к управлению, переход к самоуправлению. Этому служат Закон о трудовых коллективах, возрастающая роль общественных организаций. Как известно, при реформе 1965 года подобные мероприятия не предусматривались.

Таковы отдельные звенья нового целостного механизма управления, переход к которому будет осуществляться в ходе нынешней реформы управления.

Из всего сказанного видно, не только как грандиозна эта реформа, но и как много еще не решенных в связи с нею проблем, по которым мнения экономистов расходятся. А ведь здесь упомянуты лишь некоторые из этих проблем. Перед нашей экономнческой наукой стоят очень сложные и ответственные задачи — глубоко и всесторонне разработать все вопросы теории и практической реализации мер, которые необходимо принять для того, чтобы осуществить намеченную съездом радикальную реформу управления.

Всякая перестройка, а тем более перестройка такая глубокая — дело сложное, болезненное, оно требует изъятия части прав у аппарата министерств, функциональных органов и передачи этих прав основным производственным звеньям нашего общества — предприятиям и объеднениям. И естественно, что эта радикальная реформа осуществляется в ходе борьбы нового со старым. Но здоровые силы общества горят желанием по-настоящему мобилизовать имеющиеся возможности, готовы к творчеству и инициативе.

Евгений Павлович ПОПОВ
(р. 1914) — специалист по теории автоматического управления и регулирования и робототехнике, профессор, член-корреспондент АН СССР, заведующий кафедрой Московского высшего технического училища имени Н. Э. Баумана (МВТУ), руководитель Научно-учебного центра «Робототехника» АН СССР и Минвуза СССР, заместитель председателя Научного совета АН СССР по проблеме «Робототехника и автоматизированное производство», лауреат Государственных премий СССР.
Окончил (1939) МВТУ. После службы в авиации работал с 1943 по 1964 в Ленинградской военно-воздушной инженерной академии, с 1964 по 1971 в Президиуме АН СССР, с 1971 в МВТУ. Кандидатскую диссертацию защитил в 1944, докторскую — в 1947. В 1960 Е. П. Попов избран членом-корреспондентом АН СССР.
Будучи студентом, опубликовал работы по нелинейным задачам механики упругих систем, заложившие основы нового направления в данной области. Исследования были развиты в его диссертациях и монографиях.
С 1949 занимался теорией автоматического управления и регулирования. Разработал новые методы исследования и расчеты нелинейных автоматических систем, реализованные в конкретных системах автоматнческого управления летательных аппаратов, следящих системах, приборах.
С 1971 главная область деятельности Е. П. Попова — научные основы робототехники. Под его руководством сформировалась научная школа и ведутся работы по проблемам управления в робототехнических системах с применением мини- и микро-ЭВМ и микропроцессорной техники, созданию математического обеспечения для них, цифровому моделированию динамики манипуляторов, автоматизированному проектированию, исследованию модулей гибких производственных систем, а также человеко-машинных систем дистанционного управления роботами в экстремальных условиях.
В 1982 организовал Научно-учебный центр «Робототехника» АН СССР и Минвуза СССР, в котором под его руководством проводятся перспективные исследования, выполняются конкретные разработки, осуществляются подготовка и переподготовка кадров в области робототехники и оказывается научно-методическая помощь московским предприятиям в роботизации их производства.

Георгий Валентинович ПИСЬМЕННЫЙ
(р. 1947) — специалист в области систем управления и робототехники, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, руководитель сектора Московского высшего технического училища имени Н. Э. Баумана (МВТУ), на базе которого создан Научно-учебный центр «Робототехника» АН СССР и Минвуза СССР.
Окончил (1971) Московский инженерно-физический институт (МИФИ). С 1973 работает в МВТУ. В 1977 защитил кандидатскую диссертацию.
Г. В. Письменный разрабатывает теорию систем очувствления и систем адаптивного управления роботов и новые принципы их построения. Под его руководством создан комплекс средств очувствления, который включает системы технического зрения, силомоментные и локационные информационные системы, предназначенные для расширения функциональных возможностей промышленных роботов и модулей гибких производственных систем.
Ведет теоретические и экспериментальные исследования, ориентированные на создание микропроцессорных комплексов по обработке информации в системах управления адаптивных роботов.
Автор более 40 научных работ и 9 изобретений.

Е. П. ПОПОВ, Г. В. ПИСЬМЕННЫЙ

Адаптивные роботы для гибких производственных систем

Стремясь переложить свои функции в производственном процессе на плечи роботов, человек должен позаботиться о том, чтобы автомат был похож на него, если не по внешнему облику, то хотя бы по способностям, и мог ориентироваться в окружающей обстановке, принимать решения и действовать

Сегодня у нас в стране и за рубежом уже успешно работают сотни тысяч роботов, которые вопреки предварительным прогнозам нашли применение прежде всего в крупносерийном производстве. Они заняты в основном в машиностроительных отраслях, заменяя людей на таких тяжелых и монотонных операциях, как точечная сварка при изготовлении кузовов автомобилей, загрузка различных металлорежущих станков, термообработка металлов, литье под давлением и т. д. (рис. 1).

Промышленные роботы пока, как правило, выполняют простейшие транспортные перемещения, доставляя к стандартному машиностроительному оборудованию полуфабрикаты на обработку и извлекая готовые изделия после нее. Большинство из них — роботы первого поколения, функционирующие по жесткой программе.

Возможности такой техники весьма ограничены. Так, робот, осуществляющий подачу раскаленных заготовок на операции горячей объемной штамповки, прекрасно справляется со своими обязанностями до тех пор, пока в силу каких-либо причин часть очередного изделия, отколовшись, не останется в рабочей зоне. Робот, естественно, не заметит этого и будет продолжать подавать под штамп новые заготовки и извлекать теперь уже бракованные детали.

Другой пример. Робот, обученный определенной последовательности действий, при окраске изделий, находящихся на подвесном конвейере, совершенно не обращает внимания, красит он что-нибудь или нет. Если очередная деталь в нужный момент времени не поступила в заданную точку, то робот будет бесстрастно красить воздух, напрасно расходуя дорогие материалы и загрязняя производственное помещение.

Поскольку роботы первого поколения работают по жесткой программе, они при каждом изменении технологического процесса требуют ее перестройки. Кроме того, успешно функционировать они могут только в хорошо организованной упорядоченной рабочей среде. В таких условиях переход к выпуску новых изделий обходится весьма недешево: большие дополнительные затраты нужны на специализированную оснастку и периферийное оборудование, которые должны быть идеально приспособленными для производства данного типа продукции, но становятся совершенно непригодными при малейших изменениях в конструкции деталей или технологии их изготовления.

Так, для подачи роботу деталей часто используют достаточно простые специальные кассеты или магазинные питатели, разработка, изготовление и эксплуатация которых, естественно, сопряжены с определенными расходами. В условиях средне- или мелкосерийного производства, характеризующегося частой сменой типа деталей при широкой их номенклатуре, конструкторы поставлены перед дилеммой: создавать или универсальную оснастку, что чрезмерно сложно и дорого, или специальные устройства для каждого нового вида изделий, что слишком долго и экономически тоже невыгодно.

При таком подходе быстро осваивать новую продукцию трудно, а выпускать изделия различных типов на одном и том же оборудовании практически невозможно.

Есть и другая сторона дела. В последнее время все острее ощущается потребность в промышленных роботах, способных непосредственно выполнять основные технологические операции: сборку, электродуговую сварку, абразивную зачистку облоя и т. д. Именно на этом пути может быть получен максимальный экономический эффект от внедрения робототехнических комплексов. Например, использование промышленных роботов на дуговой сварке, по оценкам специалистов, позволяет повысить производительность труда в несколько раз.

Однако подобные операции относятся к категории работ высокой сложности и их трудно автоматизировать с помощью роботов первого

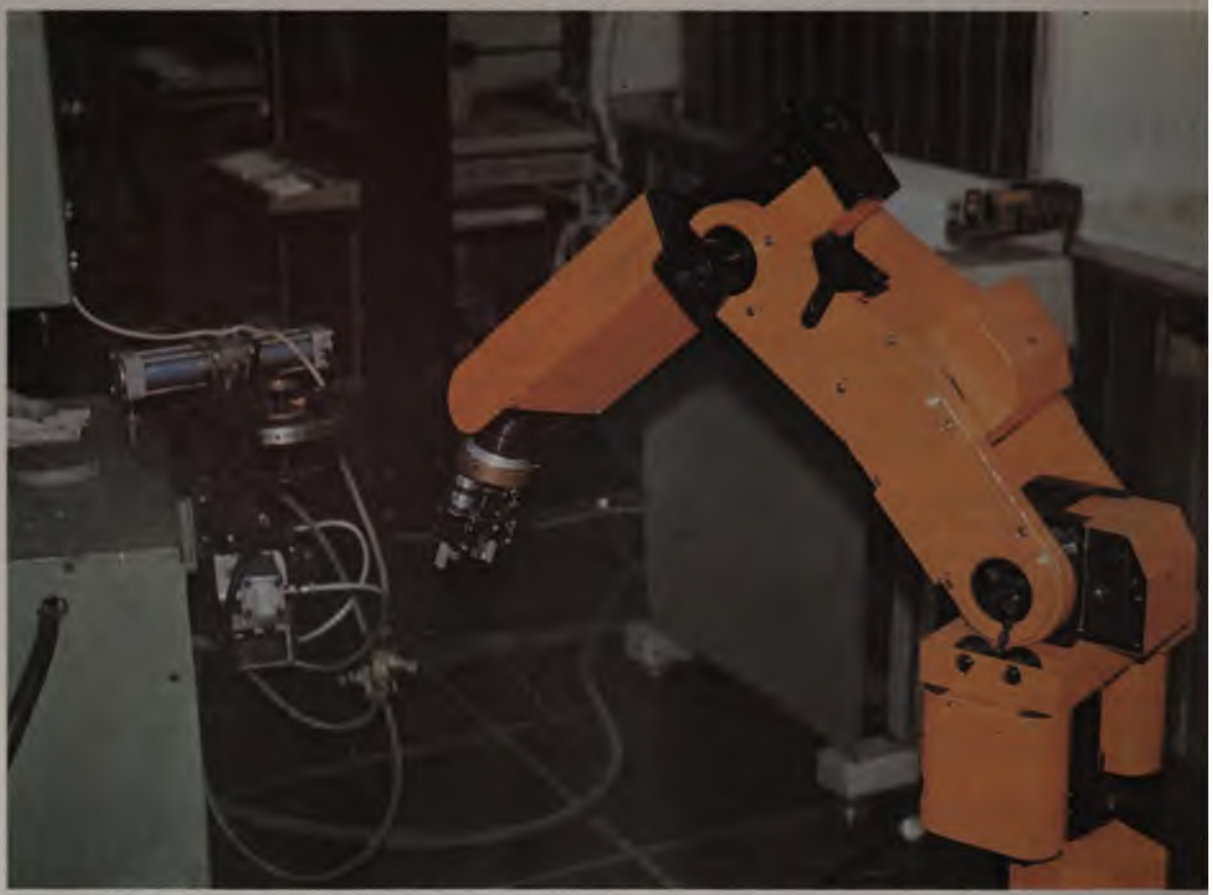


Рис. 1. Один из ряда электромеханических промышленных роботов грузоподъемностью до 5 кг с микропроцессорной системой управления, разработанный в Научно-учебном центре «Робототехника» и предназначенный для автоматического обслуживания специализированного оборудования в приборостроении

поколения, которые справляются со своими обязанностями только тогда, когда весьма точно известно, как расположены собираемые детали, каковы значения сил и моментов сил, возникающих при их сопряжении, какова пространственная ориентация сварного шва и т. д. Такого рода параметры, априори вводимые в программу управления роботом, подвержены воздействию целого ряда заранее не предсказуемых факторов и не могут быть заданы с требуемой для конкретного технологического процесса точностью.

Решить одну из важнейших народнохозяйственных задач — резко повысить производительность труда в машиностроении — должны помочь адаптивные промышленные роботы, входящие в качестве одного из основных элементов в гибкие производственные системы.

В такой производственной системе органически объединены робототехника, станки с числовым программным управлением, автоматизированное транспортно-складское хозяйство и информационно-управляющая вычислительная техника, которая позволяет автоматизиро проектирование изделий и технологий их товления, а также управление производс (рис. 2).

Подобные системы дают возможность плексно автоматизировать производство с ц кой и быстро изменяющейся номенклат изделий, повысить его эффективность не то за счет применения нового высокопроиз тельного оборудования и новой технологии, благодаря оптимальной организации всех п водственных процессов, при которой снижа запасы полуфабрикатов, сводятся к мини простои, уменьшается время на вспомога ные операции и переналадку при смене обрабатываемых изделий, исключается бра

В общем случае под адаптивным промыш ным роботом понимают некоторую техниче систему, которая, автоматически коррект алгоритм своего поведения, сохраняет ра способность при непредвиденных (в опред ных пределах) изменениях как свойств са робота и цели управления им, так и окружа его производственной обстановки. Эта сло машина включает систему управления, испо тельное устройство — манипулятор (об многозвенный антропоморфный механи пятью или шестью степенями подвижно

Рис. 2. Компоненты гибкой роботизированной производственной системы механообработки.
Вверху слева — роботизированный модуль токарной обработки. Он состоит из трех многоцелевых и многоинструментальных станков с микропроцессорными управляющими устройствами и робота типа «Электроника НЦТМ-03», который подает заготовки, помещенные в специальные прямоугольные кассеты, к станкам.

Вверху справа — малогабаритный робот типа «Электроника НЦТМ-01», установленный на каждом из станков модуля. Он поочередно берет заготовки из кассеты, доставленной ранее к станку, и загружает в патрон, а также извлекает обработанные детали и укладывает их обратно в кассету. По окончании операций над всеми заготовками в кассете робот «Электроника НЦТМ-03» забирает ее и подает новую.

Внизу слева — доставка кассет с заготовками в роботизированный модуль с помощью транспортного робота «Электроника НЦТМ-25» (автоматическая тележка типа электрокара грузоподъемностью до 500 кг, оснащенная микропроцессорной системой управления). Робот движется по цеху, отслеживая белую полосу на полу. На обратном пути он забирает готовые изделия, которые отправляются затем либо на склад, либо к другому роботизированному модулю для последующей обработки.

Внизу справа — автоматическая складская система для заготовок, полуфабрикатов и готовой продукции с микропроцессорным управлением (на снимке слева). По команде центральной управляющей ЭВМ из системы извлекаются нужные материалы и с помощью робота «Электроника НЦТМ-03» (в центре снимка) погружаются на транспортный робот (на снимке внизу слева)

систему очувствления, обеспечивающую сбор, обработку и передачу роботу необходимой ему информации об изменениях окружающей среды.

Высокая сложность адаптивных роботов предопределяет их большую по сравнению с жесткопрограммируемыми роботами первого поколения стоимость. Однако целесообразность внедрения промышленных роботов, способных легко адаптироваться к различным изменениям рабочей обстановки, подтверждают и экономические расчеты, и опыт эксплуатации такого рода систем.

Так, например, если при крупносерийном производстве с небольшими изменениями выпускаемой продукции суммарные затраты на создание жесткопрограммируемого робототехнологического комплекса, обслуживающего группу металлорежущих станков, слагаются из трех приблизительно равных частей, одна из которых — стоимость современного высокоточного про-

мышленного робота, а две другие — расходы на специализированное вспомогательное оборудование, то в условиях средне- и мелкосерийного производства картина совсем иная. Здесь при той же стоимости используемого робота существенно (примерно в 3 раза) дорожает специализированное оборудование. Теперь на его долю уже приходится почти 90% всех расходов.

В то же время, оснастив промышленный робот системами очувствления, обеспечивающими ему возможность адаптироваться к изменяющейся окружающей среде, можно иногда при средне- и мелкосерийном производстве автоматизировать технологическую операцию даже с меньшими затратами, чем при крупносерийном, использующем жесткопрограммируемый робот (рис. 3). Этот выигрыш достигается вопреки полуторному увеличению цены самого робота, за счет удешевления вспомогательного оборудования, упрощения и ускорения его проектирования.

Конечно, чтобы получить высокий экономический эффект от внедрения адаптивных промышленных роботов, нужно выявить наиболее целесообразные сферы их приложения. Как показывают многочисленные исследования, проведенные, в частности, и нами в Научно-учебном центре «Робототехника» АН СССР и Минвуза СССР, к наиболее перспективным областям применения техники данного класса относятся механическая сборка, абразивная зачистка и шлифование, электродуговая сварка, кислородная резка, окраска распылением, распознавание, сортировка и упаковка изделий, установка и съем деталей с ленточного конвейера, их разбор из навала и кассетирование, контроль качества продукции и ряд других технологических операций.

Чтобы справиться с разнообразными операциями, адаптивный робот должен уметь как-то воспринимать и характеризовать обстановку вокруг себя: автоматически (и это важно) оценивать погрешности в начальной установке деталей или взаимном расположении заготовок и своего захватного устройства (схвата), различать изделия, поступившие на рабочую позицию, по типу, определять их характерные размеры, следить за отклонением реальной траектории сварочного шва от заданной, измерять силы и моменты сил, возникающие между захватным устройством и деталью.

Передать все эти функции роботу нельзя, не решив трех основных научных задач. Нужно, во-первых, обосновать структуру и построить систему его управления, во-вторых, разработать программное обеспечение, автоматически перестраиваемое в ходе технологического процесса и позволяющее обслуживать и обучать робот персоналу со средней квалификацией, и, в-третьих, создать средства очувствления, которые на основе микропроцессорной обработки информации обеспечивали бы роботу возможность адаптироваться в частично упорядоченной и изменяющейся среде.

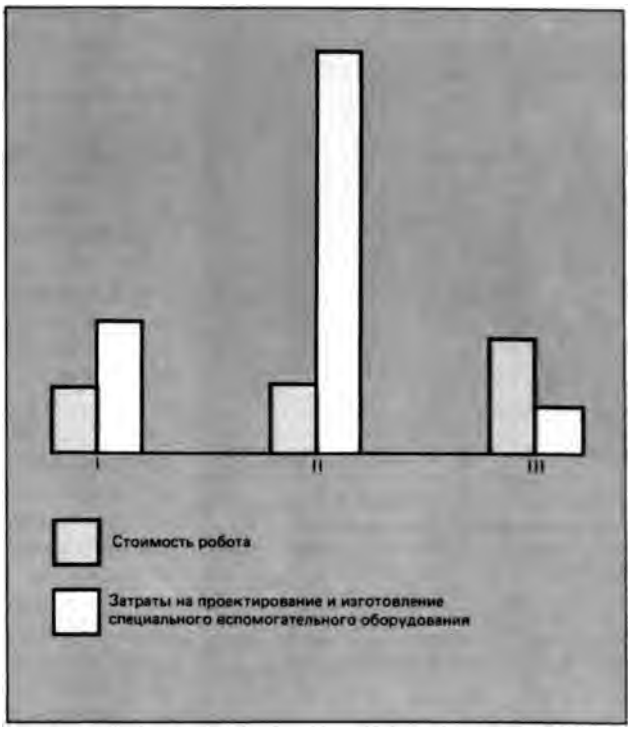


Рис. 3. Соотношение затрат на создание роботизированного комплекса, обслуживающего группу металлорежущих станков (модуля гибкой производственной системы механообработки): I — на основе высокоточного робота при крупносерийном производстве; II — на основе высокоточного робота в условиях средне- и мелкосерийного производства; III — на основе адаптивного робота в условиях средне- и мелкосерийного производства

Системы управления

Системы управления роботами развиваются наиболее динамично, и в настоящее время диапазон их возможностей простирается от простого программирования движений методом непосредственного обучения (что свойственно в основном промышленным роботам первого поколения) до группового управления робототехнологическими ячейками, оснащенными адаптивными роботами, и их включения (интеграции) в гибкие производственные системы.

Естественно, у очувствленного робота с адаптивными свойствами и элементами искусственного интеллекта система управления гораздо сложнее, чем у робота первого поко имеет ряд характерных особенност

Главное отличие здесь — спосо мать и обрабатывать инфор образных средств очувствлен с полученными сведениям

ляющие сигналы для исполнительного устройства (манипулятора), технологического оборудования, а иногда и самих средств очувствления.

Кроме того, система управления должна обеспечивать связь (взаимодействие) робота с человеком-оператором в удобной для последнего форме. Управление должно осуществляться в соответствии с технологическим заданием и, естественно, с учетом данных об окружающей обстановке, поставляемых средствами очувствления.

Характерна для системы управления адаптивных роботов и многоуровневая иерархия, при которой функции распределяются между отдельными подсистемами, образующими различные уровни управления.

Подобная система в современном варианте представляет собой, как правило, многопроцессорное вычислительное устройство (рис. 4). Его центральный элемент — универсальная или специализированная микро-ЭВМ, принимающая и исполняющая комаиды человека-оператора и обрабатывающая сигналы от средств очувствления, планирующая траекторию движения захватного устройства и рассчитывающая требуемое положение соединяющих звенья манипулятора шарниров в каждый момент времени. Отработка заданного движения осуществляется двигателями робота, которые управляются микропроцессорами, образующими нижний уровень иерархии.

А в чем, собственно, преимущества иерархической структуры. Во-первых, разбиение сложной системы на отдельные функциональные уровни позволяет проводить их аиализ, синтез, последующую техническую разработку и реализацию практически независимо друг от друга. Во-вторых, иерархический принцип обеспечивает преемственность между промышленными роботами первого и последующих поколений, поскольку адаптивные их вариаиты сохраняют на нижних уровнях в системе управления практически все элемеиты, присущие более простым жесткоирограммируемым роботам.

Разрабатывая системы управления адаптивными роботами, мы выделяем три иерархических уровня: стратегический, на котором воспринимается задание от человека на выполненне технологической операции, обобщается информация от датчиков очувствления, отражающая состояние окружающей производственной обстановки, и в соответствии с этим планируется последовательность положений захватного устройства или инструмента робота в виде, удобном для обработки на след[illegible] тактическом уровне: [illegible] ческий, [illegible] ебуемая [illegible] [illegible] кото- [illegible] ой [illegible] [illegible] [illegible] тельность угловых или линейных положений двигателей, расположенных в шарнирах манипулятора; исполнительный, отвечающий за точность, с которой осуществляются перемещения по всем степеням подвижности манипулятора.

Программное обеспечение

Массовая разработка программного обеспечения — одна из основных проблем, стоящих на пути широкого внедрения адаптивных роботов в промышленность. По мере их усложнения роль программного обеспечения быстро возрастает. Можно сказать, что адаптивный робот тем совершеннее, а его функциональные возможности тем больше, чем выше уровень его систем очувствления (о них речь пойдет ниже) и программного обеспечения.

Чтобы робот справился с порученной ему работой, необходимо предварительно обучить его. Известны два способа обучения. Первый — методом показа, при котором оператор, управляя движениями робота, выполняет всю последовательность действий, которую позже он должен будет повторять автоматически по записанной в процессе обучения программе.

При втором способе (принятом у нас в качестве основного при разработке программного обеспечения адаптивных роботов) составляется описание последовательности действий на языке, удобном для человека-оператора и понятном роботу. В этом случае оператор, формируя программу движения робота и работы систем очувствлення и технологического оборудования, как бы рассказывает, каким образом должно поступить каждое из управляемых устройств, чтобы достичь поставленной технологической цели. Степень детализации задания зависит от уровня входного языка: чем он ниже, тем подробнее нужно формулировать задачу и, как следствие, больше затратить усилий, чтобы составить программу движения робота.

При втором способе можно учесть все допустимые изменения производственной обстановки, чего практически нельзя сделать при первом. Так, обучая робот захвату изделий, движущихся по конвейеру, методом показа, мы не можем заранее знать, в какую точку нужно будет вывести схват, чтобы взять нужную деталь. В то же время эта трудность полностью устраняется, если такую работу поручить адаптивному роботу, имеющему соответствующее программное обеспечение и способному с помощью систем очувствления самостоятельно определять местоположение детали на конвейере.

Несомненно, формировать рабочую программу робота целесообразнее, описывая последовательность его действий на специальном языке, который называется обычно проблемно-ори-

Рис. 4. Промышленный робот РМ-01 (на заднем плане) с многопроцессорной системой управления «Сфера-36». Совместно с системами технического зрения и силомоментного очувствления он используется в Научно-учебном центре «Робототехника» в экспериментах, в которых оценивается эффективность применения адаптивных роботов на операциях механической сборки и сортировки деталей

ентированным и содержит понятия, позволяющие предельно просто трактовать процедуру выполнения технологических операций из определенного класса. Разработка такого рода языка, который предназначен для программирования роботов, осуществляющих автоматическую сборку изделий в машиностроительной и электронной промышленности, завершается в нашем центре.

В программном обеспечении адаптивного робота должна быть предусмотрена возможность одновременного решения нескольких задач. Благодаря мультизадачному режиму оператор может вмешиваться в процесс исполнения роботом задания (например, приостанавливать его либо изменять параметры движения захватного устройства) или формировать и вводить в память робота новые программы в то время, как он занят предыдущей работой.

У адаптивного робота мультизадачный режим работы есть практическое воплощение иерархического принципа в организации системы управления, на каждый уровень которой возложена своя определенная функция. Решение локальной задачи на каждом уровне поручено одному или нескольким микропроцессорам, образующим свою местную сеть.

Именно на основе такого подхода в центре «Робототехника» разработана операционная система (комплект программ), помогающая составлять программы для адаптивных роботов и обладающая достаточно универсальными возможностями.

Системы очувствления

Стремясь заменить себя в производственном процессе автоматом, человек должен позаботиться о том, чтобы робот мог так же хорошо, как и люди, а зачастую и лучше, ориентироваться в рабочей обстановке, принимать правильные решения и корректировать свои действия в изменяющихся условиях. Человек видит, слышит, осязает (тактильные ощущения), чувствует силу напряжения своих мышц. Аналогичными способностями должен обладать и робот.

Его «чувственную» полноценность обеспечивают системы технического зрения, силомоментные, локационные, тактильные системы, средства контроля качества изделий, а также вспомогательные датчики, измеряющие некоторые вто-
ченные параметры, например температуру
го устройства, если речь идет об обслу-
частка горячей штамповки.
контроля качества считаются систе-
и роботов условно, поскольку
чаемая с их помощью, непо-
для выполнения техно-
для управления дей-

ствиями робота. Однако промышленный робот, оснащенный такими датчиками, с успехом берет на себя функции, обычно возлагаемые на отделы технического контроля предприятий. При этом от монотонного труда освобождается большое количество людей и улучшается качество контроля.

Конструктивно системы очувствления чрезвычайно разнообразны, и всегда существует возможность использовать несколько их вариантов для измерения одних и тех же параметров технологических операций. Поэтому столь важно тщательно оценить потребности промышленности в каждом типе подобных устройств с тем, чтобы сформировать приоритетный их набор, серийный выпуск которого следует наладить в первую очередь.

Преследуя эту цель, Научно-учебный центр «Робототехника» провел опрос ведущих в данной области промышленных предприятий, исследовательских институтов и конструкторских бюро. По полученным экспертным оценкам был составлен научный прогноз развития средств очувствления. В настоящее время некоторые типы таких систем уже разработаны и подготовлены к серийному выпуску.

Однако основные усилия сотрудников нашего Центра направлены, естественно, на поиск новых технических решений, создание систем очувствления следующих поколений, которые бы при низкой стоимости обладали высокой степенью универсальности.

Системы технического зрения

Они необходимы на операциях распознавания и сортировки деталей, их разбора из навала и укладки в кассеты, для измерения координат движущихся объектов, подлежащих захвату, определения положения характерных точек и ориентации деталей на сборочных участках, контроля качества обработки или лакокрасочного покрытия изделий, проверки соответствия их размеров чертежу (рис. 5, 6). Этот перечень можно было бы и продолжить, поскольку область применения таких устройств поистине безгранична. Причем средства технического зрения могут использоваться не только вместе с промышленными роботами, но и отдельно от них на другом технологическом оборудовании (рис. 7).

Независимо от назначения подобная система включает датчик изображения, устройства предварительной обработки визуальной информации и ее ввода в ЭВМ (рис. 8) и вычислительное устройство, роль которого может исполнять (в зависимости от сложности задачи) микропроцессор, микро-ЭВМ или машина большей мощности (рис. 9).

В качестве датчиков изображения могут

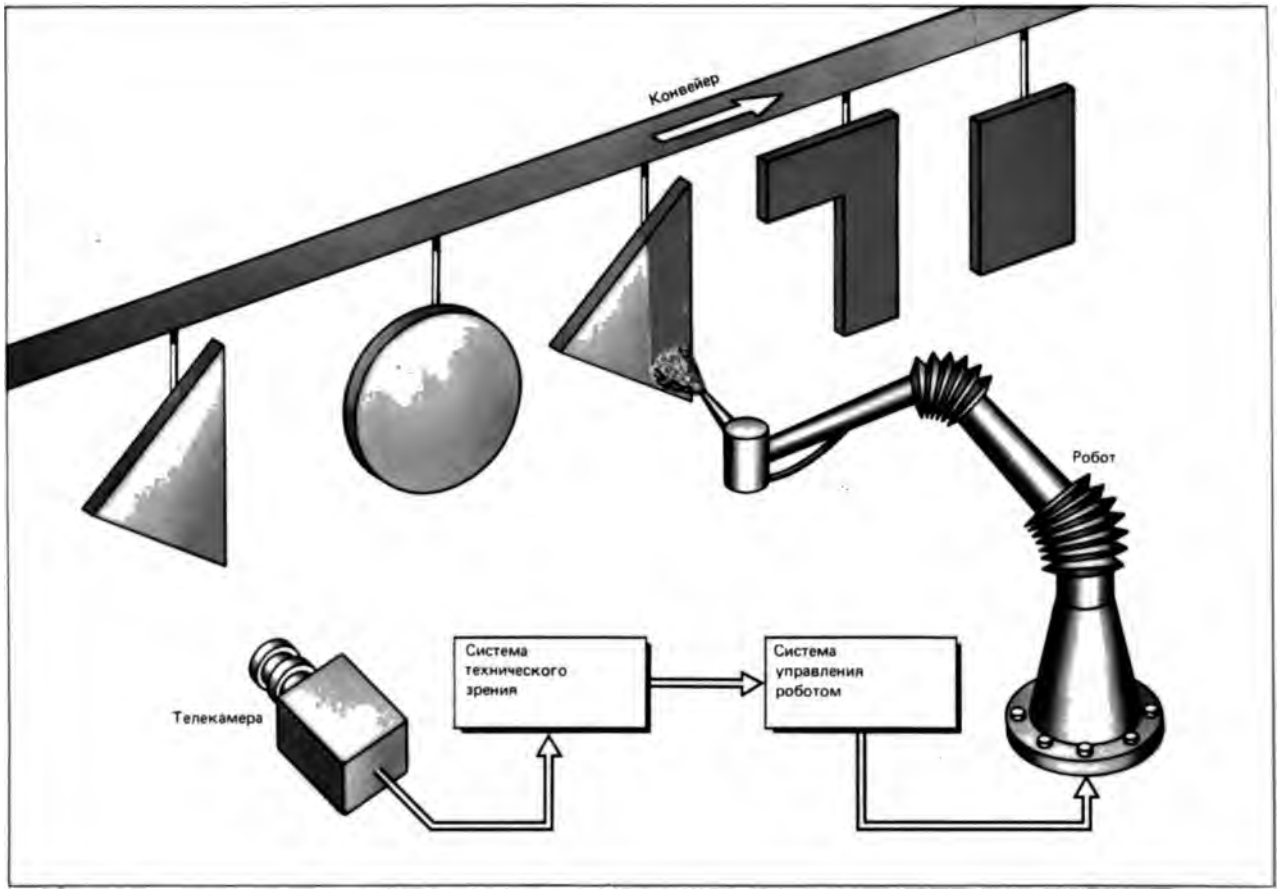


Рис. 5. Системы технического зрения на роботизированном участке окраски изделий (вариант использования). Детали, движущиеся по конвейеру к окрасочному роботу, подают в поле зрения телекамеры. После определения типа детали и высоты ее подвеса подается команда роботу на смену программы окраски, выбираются траектория движения краскопульта, закрепленного на последнем звене манипулятора, и ее отправная точка

использоваться лазерные дальномеры, пары свето- и фотодиодов совместно с соответствующими сканирующими устройствами, фотоумножители и другие подобные фотоприемники, и их разработкой занимаются многие научные коллективы. В отличие от них усилия нашего центра сосредоточены главным образом на применении в системах технического зрения стандартных телевизионных камер с вакуумной передающей трубкой типа видикон и матрицами приборов с зарядовой связью (ПЗС) (рис. 10). Такая матрица представляет собой кремниевую пластинку (ее размер примерно 8x8 мм), светочувствительную поверхность которой образуют выращенные методами интегральной технологии сложные микроэлектронные компоненты, способные воспринимать проецируемое на них изображение.

Явное преимущество датчиков этих типов — стандартизация их выходных сигналов и доступность. В разрабатываемых нами системах технического зрения можно использовать практически любую стандартную телекамеру, что очень важно при выходе видеодатчика из строя или замене отслужившего положенный срок фотоприемника.

Созданные нами системы технического зрения представляют собой перепрограммируемые, обучаемые автоматы, решающие в темпе протекания технологического процесса упрощенные задачи идентификации деталей, определения их координат и характерных особенностей. Необходимость работать в реальном масштабе времени, т. е. обрабатывать и анализировать получаемые изображения деталей быстро, не вызывая задержки в действиях робота, — важное требование, налагающее известные ограничения на выбор технических решений при создании подобных систем.

Во-первых, мы вынуждены поставить перед автоматом задачу в более упрощенной форме. Скажем, чтобы система технического зрения могла легче выделять светлое изделие на фоне темного конвейера, задается «эталонный» серый цвет и все более темные элементы изображения относятся к фону, а более светлые считаются изделиями. Подобное искусственное деление исходного изображения только на черные и

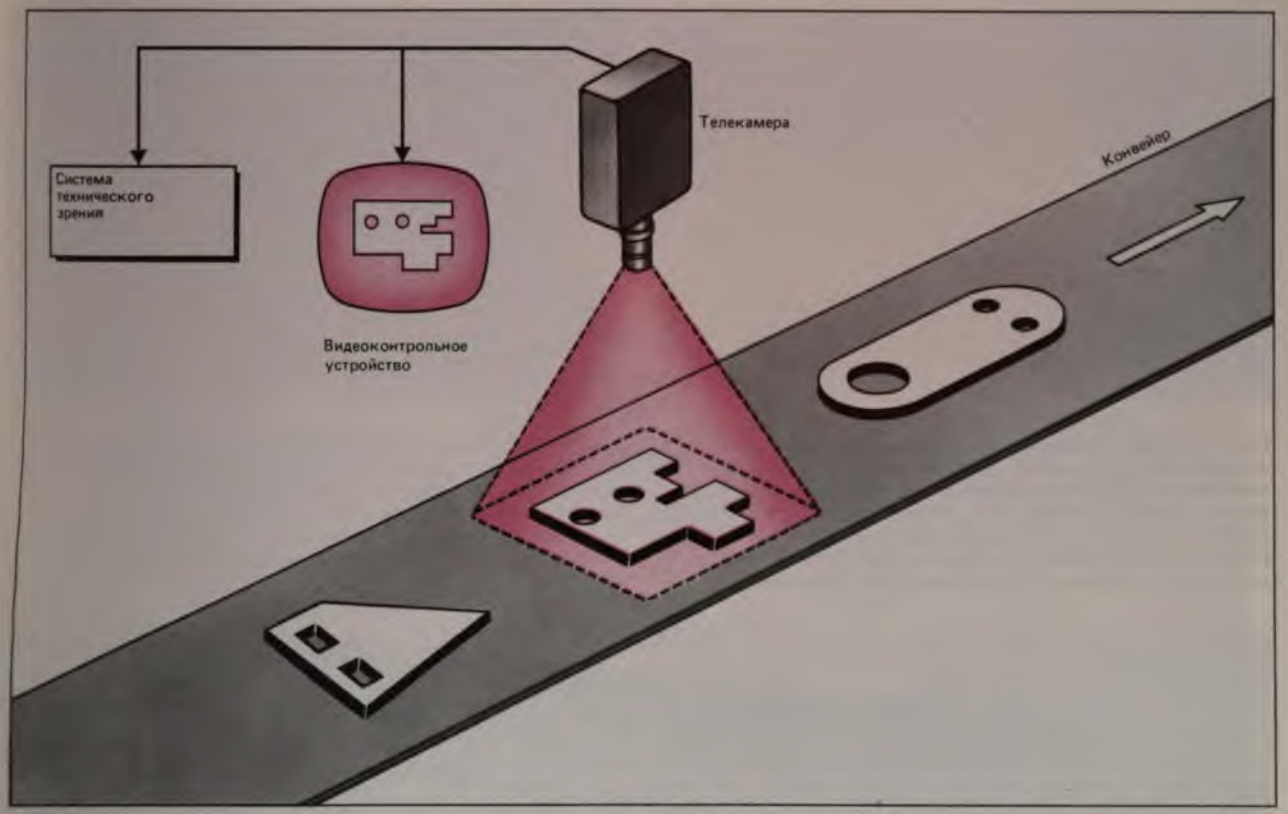
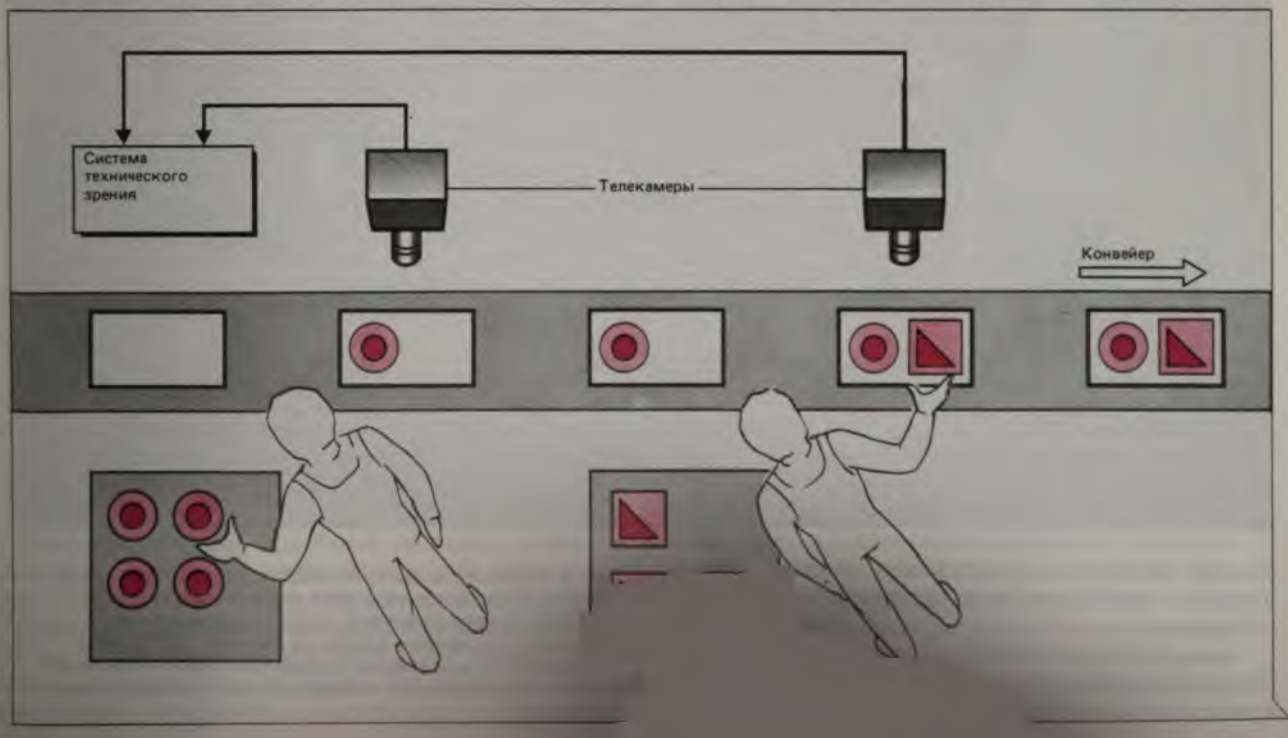
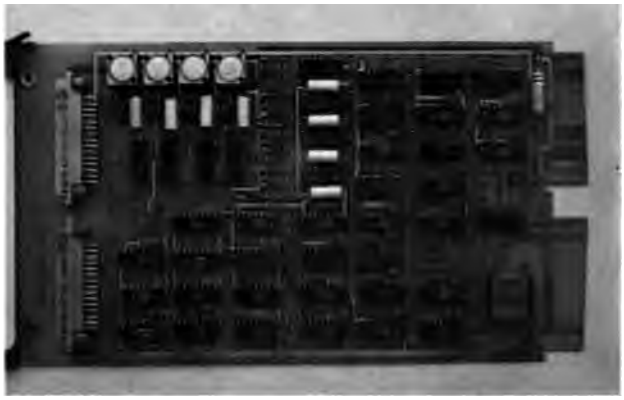


Рис. 6. Система технического зрения на участке штамповки (вариант использования). Готовые детали различной формы последовательно попадают в поле зрения телекамеры. Анализ полученных изображений позволяет оценить качество штамповки и сравнить наиболее важные размеры деталей с указанными на чертеже

Рис. 7. Возможное использование системы технического зрения при ручной сборке изделий. Здесь система контролирует правильность сборки на нескольких последовательных участках конвейера. Если в собираемом узле соответствующая деталь отсутствует или установлена неправильно, выдается сигнал о появлении брака





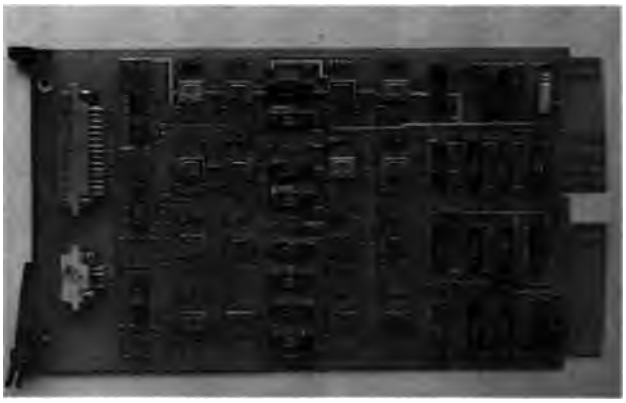


Рис. 8. Устройства ввода, предварительной обработки и запоминания изображений, разработанные в Научно-учебном центре «Робототехника». Они позволяют превратить серийную микро-ЭВМ, например типа «Электроника-60М», в систему, способную воспринимать и обрабатывать изображения с помощью любой стандартной телевизионной камеры. Устройство слева синхронизирует режим работы с темпом передачи изображения телекамерой, фильтрует помехи и разделяет изображение на черные и белые элементы в зависимости от того, темнее или светлее они эталонного серого цвета. Устройство справа дает возможность запомнить кадры черно-белого изображения, образуя из него сетку (256x256 точек)

белые элементы существенно снижает время, нужное, чтобы опознать деталь и измерить ее координаты.

Аналогичного эффекта можно добиться, разбив поле зрения светоприемника на отдельные элементы, которые образуют сетку, состоящую

Рис. 9. Компоненты системы технического зрения универсального назначения, созданной для работы в составе гибких производственных систем: серийная телевизионная передающая камера на матрице ПЗС (слева) и микро-ЭВМ, дополненная устройством предварительной обработки изображений и памятью (для их запоминания) (справа)

Рис. 10. Датчики изображения, используемые в системах технического зрения: стандартная телевизионная камера с вакуумной передающей трубкой типа видикон (слева), телевизионные камеры на ПЗС-матрице (в середине) и фотодиодной матрице (справа). На переднем плане — интегральная микросхема, выполняющая роль светочувствительного элемента в фотоматричной камере

из 256x256 точек. Каждая из них может быть либо черной, либо белой в зависимости от того, светлее или темнее «эталона» соответствующий ей участок изображения (см. рис. 8).

Во-вторых, необходимо еще до начала работы системы технического зрения подробно описать класс деталей, с которым ей придется иметь дело в технологическом процессе.

И, в-третьих, должны быть выполнены некоторые дополнительные условия, облегчающие анализ изображений, например подобрано такое освещение, чтобы не было теней от детали, которые автомат мог бы принять за отверстие или паз на ней.

Естественно, для подобной системы технического зрения нужно программное обеспечение (рис. 11). Оно включает вспомогательные программы, обеспечивающие вывод видеоинформации на экран дисплея, ее запись во внешнюю память, общение с оператором на удобном для него языке; отладочные программы, осуществляющие координатную привязку видеодатчика к заданным в поле зрения точкам, масштабирование изображения, автоматический или программируемый выбор эталонного уровня серого цвета, автономную проверку функционирования всей системы; наконец, прикладные рабочие программы, в которых учтены характерные геометрические особенности детали определенного типа, не зависящие от ее смещения или поворота (например, площадь детали либо длина ее периметра), и которые разрабатываются для конкретных технологических операций, выполняемых на участке сборки или штамповки, окраски или визуального контроля качества.

Отдельно хотелось бы сказать о системах технического зрения, использующих фотодиодные матрицы обычно с размерностью чувствительного поля 32x32 (см. рис. 10). Напоминая внешне матрицы ПЗС, они имеют другой состав микроэлектронных компонентов, обладают более высокой чувствительностью и остаются работоспособными в значительном диапазоне освещенностей. Кроме того, вследствие малых размеров камеры на фотодиодных матрицах могут быть установлены либо непосредственно на захватном устройстве манипулятора, либо на его запястье (в последнем случае объектив, соединенный световодом с фотоприемником, располагается

между губок схвата), что позволяет осматривать труднодоступные места, не попадающие в поле зрения других стандартных видеосредств.

Силомоментные системы

При выполнении механической сборки, абразивной зачистки облоя или шлифовки изделий довольно часто роботу нужна информация о силах и моментах сил, возникающих при взаимодействии схвата или инструмента с деталью.

Силомоментная система очувствления, включающая датчик и устройство предварительной обработки сигналов, в общем случае измеряет три составляющие вектора силы и три составляющие вектора момента. Полученные данные вводятся в систему управления робота и используются для коррекции его движения.

Устанавливается силомоментный датчик либо между последним звеном манипулятора и захватным устройством, либо в основании технологического стола, на который, например, помещается базовая деталь при сборке некоторого узла.

В большинстве разработанных силомоментных систем измеряются упругие деформации механических элементов датчика с помощью тензорезисторов, меняющих свое электрическое сопротивление под воздействием силовой нагрузки (рис. 12).

Уже существуют образцы таких устройств, предназначенные для работы с серийными электромеханическими роботами и способные выполнять измерения с погрешностью, не превышающей в среднем 3—5%

Оснастив промышленный робот системой силомоментного очувствления, можно совсем иным сделать его поведение.

Возьмем для примера сборку гладких цилиндрических или резьбовых соединений, которые встречаются в машиностроении на каждом шагу, — это и установка поршней в цилиндры автодвигателя, и запрессовка подшипников, и крепление одних деталей к другим болтами, гайками, шпильками.

Роботу сложно соединить два тела или вставить одно в другое, например стержень в круглое отверстие, даже если между ними существует зазор, поскольку всегда есть ошибки в относительном позиционировании и ориентации сопрягаемых деталей. Из-за начальной несоосности и углового перекоса или затрудняется движение стержня от устья отверстия вглубь, или детали вообще заклиниваются. Так обычно и происходит при автоматизированной сборке с помощью неочувствленного робота, если погрешности позиционирования деталей оказываются больше допустимых.

Если же робот адаптивный, с силомоментной системой, то направление действия сил, возникающих при контакте сопрягаемых тел, ему известно, и он точно знает, в каком направлении нужно переместить свое захватное устройство с зажатой в нем деталью, чтобы силы реакции либо стали равными нулю, либо не превышали заданной величины (рис. 13).

Аналогичным образом поступает и человек, выполняя ту же операцию. Он стремится свести к нулю любое возникающее противодействие, машинально центрируя сопрягаемые детали. Причем делает он это, не задумываясь, даже если у него закрыты глаза.

Робот с силомоментным очувствлением подводит стержень к устью, затем, определив после соприкосновения по силам реакции направление на центр отверстия, начинает перемещать стержень к нему, постепенно вводя его внутрь до полного завершения сборки. Способность очувствленного робота определять направление на центр после контакта стержня с обычно более широкой входной частью отверстия позволяет чуть ли не в десять раз снизить требования к погрешности позиционирования и ориентации собираемых деталей. Так, в ходе экспериментов по сборке гидравлического двигателя с помощью манипулятора, захватное устройство которого перемещается в трех взаимно перпендикулярных направлениях с погрешностью около 100 мкм (рис. 14), нужно было устанавливать один из цилиндрических поршней в соответствующую гильзу, причем зазор между ними не превышал 10 мкм.

Во всех испытаниях сборка проходила без заклинивания. Вывод очевиден: оснастив промышленный робот силомоментными системами, можно резко повысить его точность.

Локационные системы

Они пригодны для измерения известных с большой ошибкой координат объекта и его частей в тех случаях, когда применять техническое зрение по тем или иным причинам или нецелесообразно, или вообще нельзя. Расположив локационные датчики на инструменте или захватном устройстве, можно, например, захватывать изделия с подвесного или ленточного конвейера либо устанавливать их на него, точно отслеживать сварочной головкой траекторию шва. Такая система пригодна и для использования в качестве датчика безопасности, предотвращающего возможное столкновение манипулятора с предметами или людьми, случайно оказавшимися в рабочей зоне.

Роботы с локационным очувствлением способны автоматически контролировать точность сборки крупногабаритных конструкций. Датчи-

Рис. 11. Рабочее место, на котором осуществляется отладка программного обеспечения для системы технического зрения. Комплекс аппаратных средств, используемый для подготовки новых программ, включает помимо самих средств технического зрения, точная копия которых непосредственно установлена в гибкой производственной системе, еще и периферийные устройства, облегчающие работу оператора: дисплеи, телевизионное видеоконтрольное устройство, память большого объема

Рис. 12. Образцы многокомпонентных силомоментных датчиков, в которых для измерения деформаций упругих элементов используются кремниевые тензорезисторы, меняющие свое электрическое сопротивление под воздействием растягивающих или сжимающих нагрузок. Устанавливаемые, например, между последним звеном манипулятора и захватным устройством, эти датчики вместе со специальным электронным устройством измеряют три составляющие вектора силы и три составляющие вектора момента сил, возникающие при взаимодействии схвата робота и детали

ки, работающие вместе с высокоточным манипулятором, могут, например, определить пространственное расположение лопастей водяной турбины относительно заданной системы отсчета (рис. 15).

Один из образцов подобного автомата с ультразвуковой эхо-локацией состоит из излучателя звуковых колебаний и четырех приемников, установленных на захватном устройстве (рис. 16).

Искомые координаты рассчитываются по времени прохождения зондирующего импульса, отраженного от объекта, до каждого из приемников.

Данный вариант системы позволил создать адаптивный робот, управление которым осуществляется в системе координат, связанной с захватным устройством, и который способен автоматически самонавестись и взять движущуюся деталь.

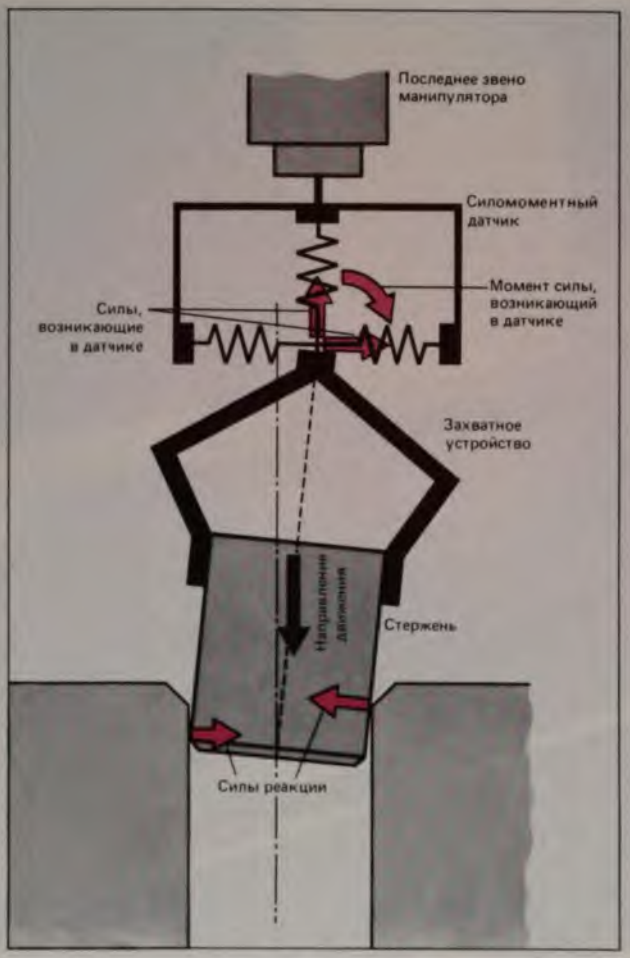


Рис. 13. Силы и моменты сил, которые возникают при введении стержня, зажатого в захватном устройстве робота, в отверстие на другой детали, например, корпусе изделия. Силы реакции через стержень и захватное устройство воздействуют на упругие элементы силомоментного датчика, закрепленного между последним звеном манипулятора и захватным устройством. Деформации упругих элементов измеряются с помощью тензорезисторов, по сигналам которых определяются составляющие сил и моментов в системе координат, связанной с датчиком. Зная величину и направление сил и моментов, робот может оценить величину несоосности и углового перекоса сопрягаемых деталей, а затем скорректировать положение своего захватного устройства и отцентрировать собираемые детали

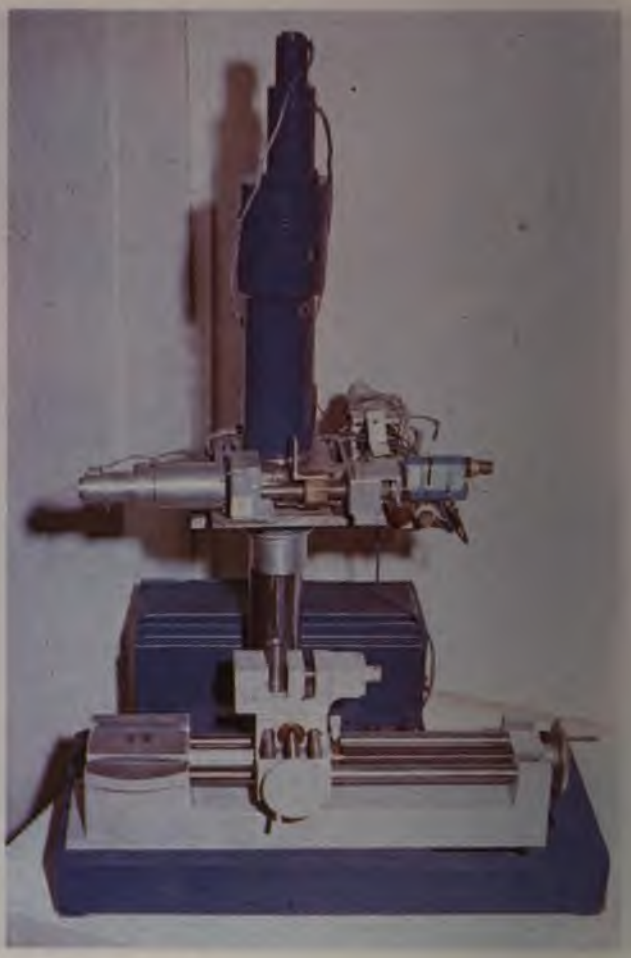


Рис. 14. Специализированный сборочный робот, оснащенный силомоментной системой очувствления. И хотя его захватное устройство перемещается по трем взаимно перпендикулярным направлениям с точностью порядка 100 мкм, тем не менее робот уверенно сопрягает детали с цилиндрическими поверхностями, зазор между которыми не превышает 10 мкм.

Рис. 15. Роботизированный комплекс с локационной системой очувствления, контролирующий точность сборки крупногабаритных изделий. Высокоточный робот перемещает вдоль предполагаемого края лопасти гидротурбины свое захватное устройство с локационными датчиками, *и они определяют* истинное положение лопасти

Тактильные системы

Они регистрируют касание схвата или инструмента робота с деталью, определяют координаты точки, где оно произошло, направление и скорость относительного скольжения детали по поверхности захватного устройства, а также силу, с которой робот сжимает изделие. Размещаются тактильные датчики обычно на внутрен-

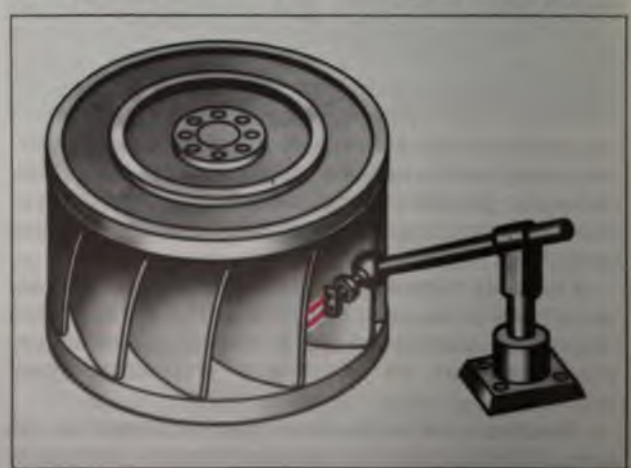


Рис. 16. Локационные ультразвуковые датчики, установленные на электромеханическом роботе: излучатель колебаний (в центральной части захватного устройства) и четыре приемника. Такая система позволяет не только измерить расстояние до изделия, но и, если это нужно, расположить захватное устройство перпендикулярно к поверхности детали

них и внешних поверхностях схвата или на инструменте.

Тактильные средства очувствления пока не получили широкого распространения. Это связано, прежде всего, с тем, что необходимость непосредственного контакта с объектами, которые к тому же могут находиться в агрессивной среде или иметь высокую температуру, ужесточает требования, предъявляемые к тактильным системам. Они должны быть высоконадежны, прочны, износостойки, пыле- и влагозащищены, устойчивы к механическим и температурным перегрузкам.

Кроме того, тактильным данным в общем информационном потоке от систем очувствления отводится весьма скромная вспомогательная роль. Здесь уместна аналогия с органами чувств человека, которому от 85 до 95% информации об окружающем мире дают глаза, тактильные же рецепторы в трудовой деятельности выступают только как вспомогательные средства, занимающие подчиненное место в иерархии органов чувств. Промышленный робот, оснащенный одной лишь тактильной системой, будет в лучшем случае напоминать слепого, который способен выполнять ограниченный набор операций, и к тому же в замедленном темпе.

Для тактильных систем еще предстоит найти наиболее целесообразные с точки зрения эффективности сферы применения.

В заключение подчеркнем, что адаптивные роботы не вытесняют промышленных роботов первого поколения, которые с успехом справляются с технологическими задачами из определенного круга. Более того, роботы различных поколений могут быть органически объединены и работать в комплексе, в том числе и в гибких производственных системах.

Николай Александрович БОРИСЕВИЧ (р.1923) — физик, академик АН СССР и АН БССР, президент Академии наук Белоруссии, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий.

Во время Великой Отечественной войны — партизан, воин действующей армии. В 1950 окончил Белорусский государственный университет им. В. И. Ленина, в 1954 — аспирантуру Государственного оптического института им. С. И. Вавилова, в этом же году защитил кандидатскую диссертацию. Докторскую диссертацию защитил в 1965, звание профессора получил в 1967. Академик АН БССР с 1969, членом-корреспондентом АН СССР избран в 1972, академиком АН СССР — в 1981.

С 1955 заместитель директора Института физики АН БССР, с 1969 — вице-президент, а затем президент АН БССР. Заведующий лабораторией Института физики АН БССР с 1955.

В 1973 Н. А. Борисевичу (совместно с В. Г. Верещагиным) присуждена Государственная премия СССР за исследование рассеяния излучения дисперсными системами и создание нового класса оптических фильтров для инфракрасной области спектра.

В 1980 — Ленинская премия (совместно с В. В. Грузинским, Б. С. Непорентом, В. А. Толкачевым) за создание нового научного направления — спектроскопии свободных сложных молекул. Н. А. Борисевичем (совместно с Б. С. Непорентом) открыто явление стабилизации-либилизации электронно-возбужденных многоатомных молекул.

Научные интересы Н. А. Борисевича охватывают спектроскопию и люминесценцию молекул, квантовую электронику и инфракрасную технику.

Награжден четырьмя орденами Ленина и шестью другими орденами СССР.

Он иностранный член Чехословацкой Академии наук и Словенской Академии наук и искусств (Югославия), почетный доктор Йенского университета. Академией наук ЧССР удостоен Золотой медали «За заслуги перед наукой и человечеством», Польской академией — медалью Николая Коперника, Словацкой академией — золотой медалью «За исключительные заслуги и успехи в науках и искусствах».

Н. А. БОРИСЕВИЧ

Пикосекундная техника и сверхбыстрые процессы в сложных молекулах

От солнечных часов древности до лазеров, дающих сверхкороткие световые импульсы, — такой путь прошла техника измерения времени. Сегодня она дает возможность изучать сверхбыстрые процессы взаимодействия света с веществом. Кроме того, пикосекундные импульсы способны практически мгновенно передать веществу большую энергию

Человечество давно интересовало измерение временны́х интервалов. Еще в древности люди знали, как оценивать время, пользуясь солнечными часами. Первым исследователем, связавшим физические эксперименты с измерением временных интервалов, считается Галилей. Для измерения времени в качестве часов он использовал собственный пульс. Впоследствии Галилей на основе открытого им в 1580 г. явления изохронности маятника создал часы, которые измеряли временные интервалы с точностью до 1 секунды (с). Понадобилось свыше 150 лет, чтобы найти способы измерения более коротких интервалов времени длительностью до 0,1 с. При этом использовались физиологические ощущения: сохранение зрительного изображения на сетчатке, восприятие звука.

Понятие «короткий интервал времени» сильно изменилось с развитием техники измерения. Еще примерно через 100 лет была произведена развертка свечения электрической искры с помощью вращающегося зеркала и показано, что длительность ее свечения меньше 10^{-6} с. Таким образом, появилась возможность измерять временные интервалы микросекундной (1 мкс$=1\cdot10^{-6}$ с) длительности. Такие ультракороткие искровые вспышки уже тогда стали использоваться для фотографирования движущихся объектов, в частиости живых существ. Впоследствии были созданы компактные искровые лампы. Трубка лампы заполнялась смесью газов. Конденсатор, заряженный до высокого напряжения, разряжался через цепь тиратрона на трубку лампы и вызывал вспышку меньшей длительности, чем длительность свечения обычной электрической искры.

Важный шаг в сокращении измеряемого интервала времени — создание электрооптического затвора на основе явления Керра. В 1885 г. английский ученый Керр *(Kerr)* обнаружил, что постоянное электрическое поле в некоторых изотропных веществах (сероуглерод, нитробензол и др.) вызывает двойное лучепреломление, которое имеет ультракороткое время релаксации, меньше 1 наносекунды (1 нс $= 1\cdot10^{-9}$ с).

Освоение все более коротких интервалов времени начиная с 1600 г. иллюстрируется рис. 1, взятым из книги «Сверхкороткие световые импульсы» (М., Мир, 1981) и дополненным данными последних лет. Эта схематическая кривая не является плавной функцией времени. На ней имеются пологие и очень крутые участки. Развитие науки представляет собой бесконечную последовательность взаимосвязанных событий. Возникают резкие прорывы, сменяемые периодами освоения открытий и усовершенствования приборов и методов измерения, основанных на сделанных открытиях. Первый скачок в уменьшении измеряемого интервала времени, соответствующий примерно 1820 г., связан, как уже отмечалось, с реализацией развертки и начавшимся использованием электрических явлений и приборов. Дальнейшее уменьшение временного интервала было обусловлено использованием фотоумножителей, осциллоскопов, электронно-лучевых трубок, высокочастотных электрических схем, полупроводниковой электроники и др. Но несмотря на все это, минимальный временной интервал, который удалось измерить к 1965 г., составлял примерно 1 нс.

Исключительно быстрый скачок в освоении все более коротких временных интервалов произошел после создания принципиально новых источников излучения — квантовых генераторов когерентного света (лазеров). В 1965 г., спустя 5 лет после создания лазера на рубине, были разработаны твердотельные лазеры, генерирующие мощные сверхкороткие импульсы длительностью несколько пикосекунд (1 пс$=1\cdot10^{-12}$ с, т. е. триллионная доля секунды).

В течение последующих 20 лет каждые пять лет длительность лазерных импульсов сокращалась на порядок (в 10 раз). В настоящее время получены импульсы длительностью 8 фемтосекунд (1 фс$=1\cdot10^{-15}$ с $=0{,}000000000000001$ с).

Чтобы представить себе, насколько малы

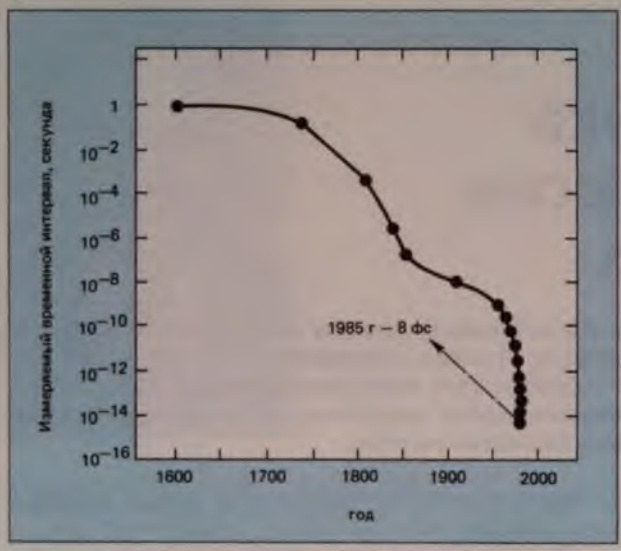


Рис. 1. Сокращение величины измеряемых временных интервалов за период от 1600 г. до наших дней

единицы времени пикосекунда и тем более фемтосекунда, обратимся к самому быстрому процессу в природе — распространению световых сигналов. Скорость света в свободном пространстве равна 299 792 км/с. За 1 пс свет проходит расстояние примерно 0,3 мм, или 300 микрометров (мкм), а за 1 фс — 0,3 мкм. Пуля, движущаяся со скоростью 1 км/с, за 1 пс пролетает расстояние 0,001 мкм=10 Å, что равно диаметру средних молекул. Быстролетящую пулю в пикосекундном масштабе времени человек воспринимает неподвижной. Не только пуля, но и сам пикосекундный импульс света в таком масштабе времени кажется «застывшим»; его, пролетающим через светорассеивающую среду, удалось даже сфотографировать. При использовании пикосекундных импульсов исследователям нет смысла изучать движение видимых глазом объектов. Сверхкороткие импульсы — это инструмент для изучения движения объектов микромира (фотонов, электронов, атомов, молекул).

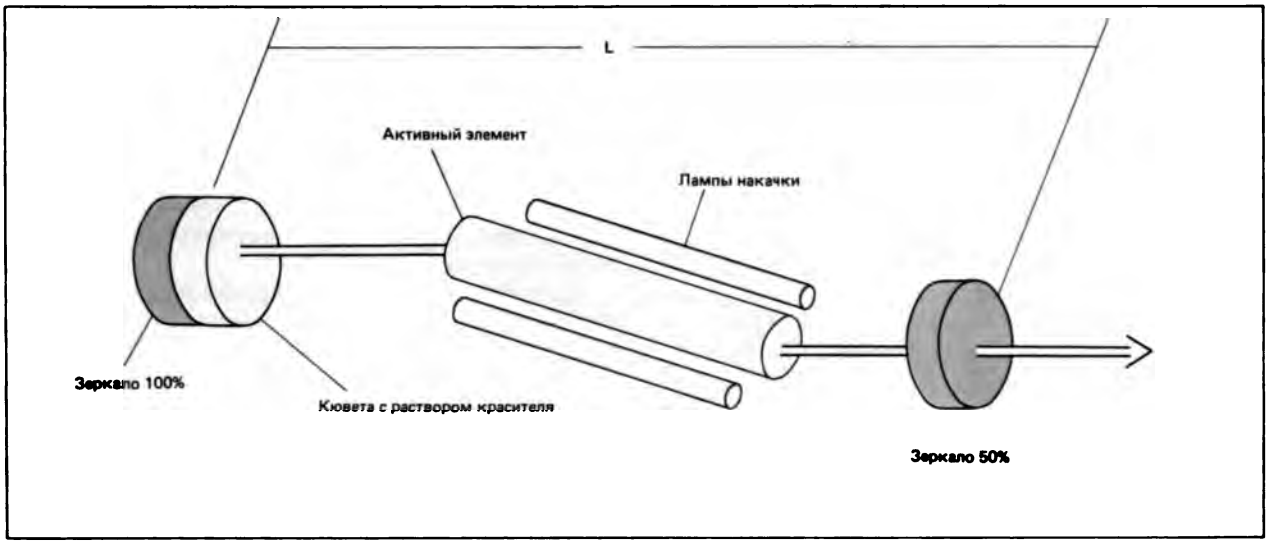
Как же получают пико- и фемтосекундные импульсы света? Генерация импульсов пикосекундной длительности впервые была реализована в твердотельных лазерах, работающих в режиме синхронизации мод, активным элементом которых были рубин и неодимовое стекло. Резонатор лазера, состоящий из двух зеркал (рис.2,*а*), представляет собой своеобразный частотный фильтр, позволяющий лишь колебаниям определенной частоты (модам) «выживать» при многократном прохождении света внутри него. Частотный интервал между модами равен $c/2L$, где L — длина резонатора, c — скорость света. Количество возбужденных мод (обычно $\sim 10^3$) определяется шириной спектра усиления среды. *Интерференция* большого числа продольных мод со случайными фазовыми соотношениями приводит к возникновению шумовой картины излучения с различными всплесками интенсивности. Длительность наиболее короткого флуктуационного всплеска по порядку величины соответствует обратной ширине спектра излучения. Для получения режима синхронизации мод (когда набор продольных мод резонатора не хаотичный, а синхронизирован по фазе и амплитуде) в резонатор лазера вводится кювета с раствором органического соединения (красителя). Эта кювета имеет оптический контакт с поверхностью одного из зеркал резонатора. Поглощение раствора красителя дожно быть нелинейным, т. е. зависеть от интенсивности импульса, но быстро восстанавливаться. Такими свойствами обладают, например, растворы некоторых полиметиновых красителей. При прохождении импульса большой мощности поглощение красителя достигает насыщения, кювета просветляется. После прохождения импульса она очень быстро затемняется (время релаксации просветления $\sim 10^{-11}$ с).

Сверхкороткий световой импульс формируется в резонаторе из-за случайного просветления поглотителя одним из наиболее интенсивных флуктуационных импульсов. При этом быстрооткрывающийся и закрывающийся поглотитель ослабляет крылья флуктуационного импульса и практически без потерь пропускает его наиболее интенсивную часть. В результате сотен проходов импульса в резонаторе за счет комбинации просветления в поглотителе и усиления в активной среде формируется ультракороткий световой импульс, циркулирующий в резонаторе. После каждого прохождения через полупрозрачное зеркало часть энергии ультракороткого светового импульса выходит из резонатора. Генерируемое излучение представляет собой цуг (набор) ультракоротких световых импульсов (рис.2,*б*), разделенных друг от друга временем $t = 2L/c$, которое соответствует времени двойного пробега светом резонатора и обычно составляет порядка 10 пс.

Из теории следует общее соотношение между длительностью Δt ультракороткого светового импульса и шириной спектра $\Delta\omega$ синхронизированных мод $\frac{\Delta t \cdot \Delta\omega}{2\pi} \geqslant K$,

где K — постоянная величина, близкая к единице, значение которой определяется формой временного профиля импульса и полнотой синхронизации мод.

Для генерации сверхкороткого светового импульса необходимо обеспечить синхронизацию максимально возможного числа мод, что достигается устранением из резонатора различных селектирующих элементов. В настоящее время на практике возможно получать световые



а

б

Рис. 2: *а* **— схема твердотельного лазера с синхронизацией мод: активный элемент (рубин или неодимовое стекло), резонатор длины** *L*, **состоящий из двух зеркал. Одно зеркало отражает 100% падающего на него излучения, второе — часть отражает, а часть, в данном случае 50%, пропускает, и благодаря этому из резонатора выходит лазерный луч. Кювета с раствором просветляющегося красителя имеет оптический контакт с поверхностью 100% зеркала;** *б* **— излучение, генерируемое таким лазером. Оно состоит из набора (цуга) равноотстоящих друг от друга импульсов пикосекундной длительности**

импульсы 10—20 пс на рубиновом и 1—10 пс на неодимовом лазерах.

Кроме малой длительности, пикосекундные импульсы обладают еще одним замечательным свойством. Даже небольшое количество энергии, сконцентрированное во временном интервале порядка нескольких пикосекунд, соответствует очень большой мощности. Сейчас созданы пикосекундные лазеры, обладающие мощностью в десятки и сотни ГВт (1 ГВт= $1 \cdot 10^9$ Вт). Эксперименты с такими импульсами гигантской мощности представляют несомненный интерес для нелинейной оптики.

Получение световых импульсов фемтосекундной длительности оказалось возможным благодаря использованию в качестве активной лазерной среды растворов сложных органических соединений типа красителей, для которых характерны значительно более широкие спектры люминесценции и соответственно спектры усиления, чем для рубиновых и неодимовых активных элементов. Вначале на красителе родамине 6Ж, накачиваемом импульсными лампами-вспышками, при синхронизации мод с помощью насыщающегося поглотителя ДОДКИ (3,3¹-диэтилоксадикарбоцианиниодид) были получены импульсы длительностью ~ 5 пс. Схема этого лазера в принципе не отличается от приведенной на рис. 2. Для сужения спектральной полосы и перестройки частоты излучения, генерируемого лазером, внутрь резонатора вводится интерферометр Фабри—Перо с расстоянием между пластинами в единицы мкм.

Исследования сверхкоротких импульсов, генерируемых лазерами, активной средой которых служат растворы красителей, показали, что механизм синхронизации мод в них существенно отличается от такового в твердотельных лазерах. При изучении поглощения красителей, применяемых для синхронизации мод, выяснилось, что время восстановления насыщающегося поглотителя по крайней мере на два порядка больше длительности импульсов лазера на красителе с синхронизованными модами. Объединение этих экспериментальных результатов с несложной теорией позволило установить, что наблюдаемое «сжатие» (временное укорочение) импульса связано с совместным действием усиле-

ния в лазерной среде и насыщения поглотителя.

В 1975 г. в лазере на красителе родамине 6Ж с синхронизацией мод с помощью второго красителя ДОДКИ впервые были получены импульсы фемтосекундного диапазона длительности — 300 фс. Активный раствор и раствор поглотителя свободно протекали через рабочий объем. Накачка активного краснтеля производилась ионным лазером на аргоне, работающим в квазинепрерывном режиме. Для сокращения длительности модулированных по частоте импульсов, генерируемых таким лазером, до 300 фс использовалось «сжатие» импульса путем отражения от пары дифракционных решеток, в результате которого происходит задержка длинноволновых составляющих в передней части импульса по отношению к коротковолновым составляющим в задней его частн. Выходная пиковая мощность импульса не превышала 300 Вт.

Миогочисленные попытки получить еще более короткие импульсы света затем натолкнулись, казалось, на непреодолимые трудности. Весьма распространенным стало мнение, что дальнейший прогресс в технике генерации сверхкоротких световых импульсов из-за ограничивающего действия нелинейных оптических явлений и дисперсии среды маловероятен. И все же начиная с 1981 г. удалось значительно сократить длительность импульсов, причем благодаря использованию нелинейных эффектов и дисперсии групповых скоростей света с широким спектральным составом. Предел для получения сверхкороткого светового импульса накладывает известный из квантовой механики принцип неопределенности, согласно которому уменьшение временного интервала влечет за собой расширение спектра. Достигнутая к 1985 г. длительность световых импульсов равна, как уже сказано, 8 фс, что соответствует примерно четырем периодам колебаний световой волны для области спектра порядка 6000 Å. При этом ширина спектра такого импульса уже составила 700 Å, а это означает, что произошла потеря такого важного свойства лазерного излучения, как монохроматичность. Для сравнения укажем, что спектральный состав светового импульса в 2 фс (один период колебания световой волны) уже превысил бы величину 3000 Å, т. е. это был бы импульс «белого» света, поскольку видимый диапазон спектра занимает область примерно от 4000 до 7000 Å.

Получение сверхкоротких световых импульсов, кроме принципиально физического интереса, имеет исключительно важное значение для изучения свойств веществ, происходящих в нем сверхбыстрых процессов, информация о которых ранее извлекалась косвенным путем либо вовсе отсутствовала. На практике широко используются для этих целей пока импульсы пикосекундной длительности и длительностью в сотни фемтосекунд.

В сложных молекулярных системах благодаря созданию пикосекундной техники появилась возможность изучать в динамике фотофизику внутримолекулярных и межмолекулярных процессов, в частности, перенос энергии, вращательное движение молекул, ориентационную релаксацию, релаксацию электронного и колебательного возбуждения*.

Получение световых импульсов пикосекундной длительности позволило исследовать механизм таких жизненно важных явлений природы, как фотосинтез, зрение человека и животных, роль гемоглобина крови и т. д.

Использование пикосекундной техники существенно расширило возможности исследования фотохимических процессов образования ассоциатов молекул (эксимеров и эксиплексов), перестройки структуры молекулы (цистрансфотоизомеризации), облегчило изучение спектроскопических характеристик продуктов разложения (фотолиза) молекул.

Пикосекундные импульсы, взаимодействуя с веществом, способны передать ему в течение короткого промежутка времеии большую энергию, что важно для решения проблемы управляемого термоядерного синтеза.

Методами пикосекундной спектроскопии в основном исследовались конденсированные молекулярные среды (жидкости, растворы, кристаллы). Отличительная особенность исследований, проводимых в Институте физики АН БССР нашей лабораторией, — изучение сверхбыстрых процессов, протекающих в свободных сложных молекулах. Сложные органические соединения путем испарения в вакууме переводятся из конденсированиой в газообразную фазу. Если время свободного пробега молекул в газовой фазе больше τ — времени жизни молекул в электронно-возбужденном состоянии (τ обычно составляет 10^{-8} — 10^{-9} с), то газы и пары считаются разреженными. Возбужденные молекулы в этом случае находятся в свободном состоянии, они не взаимодействуют между собой и с окружением. Благодаря этому процессы, протекающие в молекулах, можно наблюдать в «чистом» виде. Так, колебательная энергия, приобретенная молекулой при электронном возбуждении,

* Энергию молекулы с достаточной степенью точности можно разделить на три части: электронную, колебательную и вращательную. Для того чтобы изменилась электронная энергия молекулы, она должна поглотить квант видимого или ультрафиолетового света $h\nu_B$. В этом случае мы говорим, что произошло электронное возбуждение молекулы. Молекула, состоящая из N атомов, может иметь $3N - 6$ нормальных колебаний. Для колебательного возбуждения молекул достаточно поглощения квантов инфракрасного излучения или повышения температуры среды. Еще меньшая энергия требуется для изменения вращательного движения молекул — лишь незначительное повышение температуры.

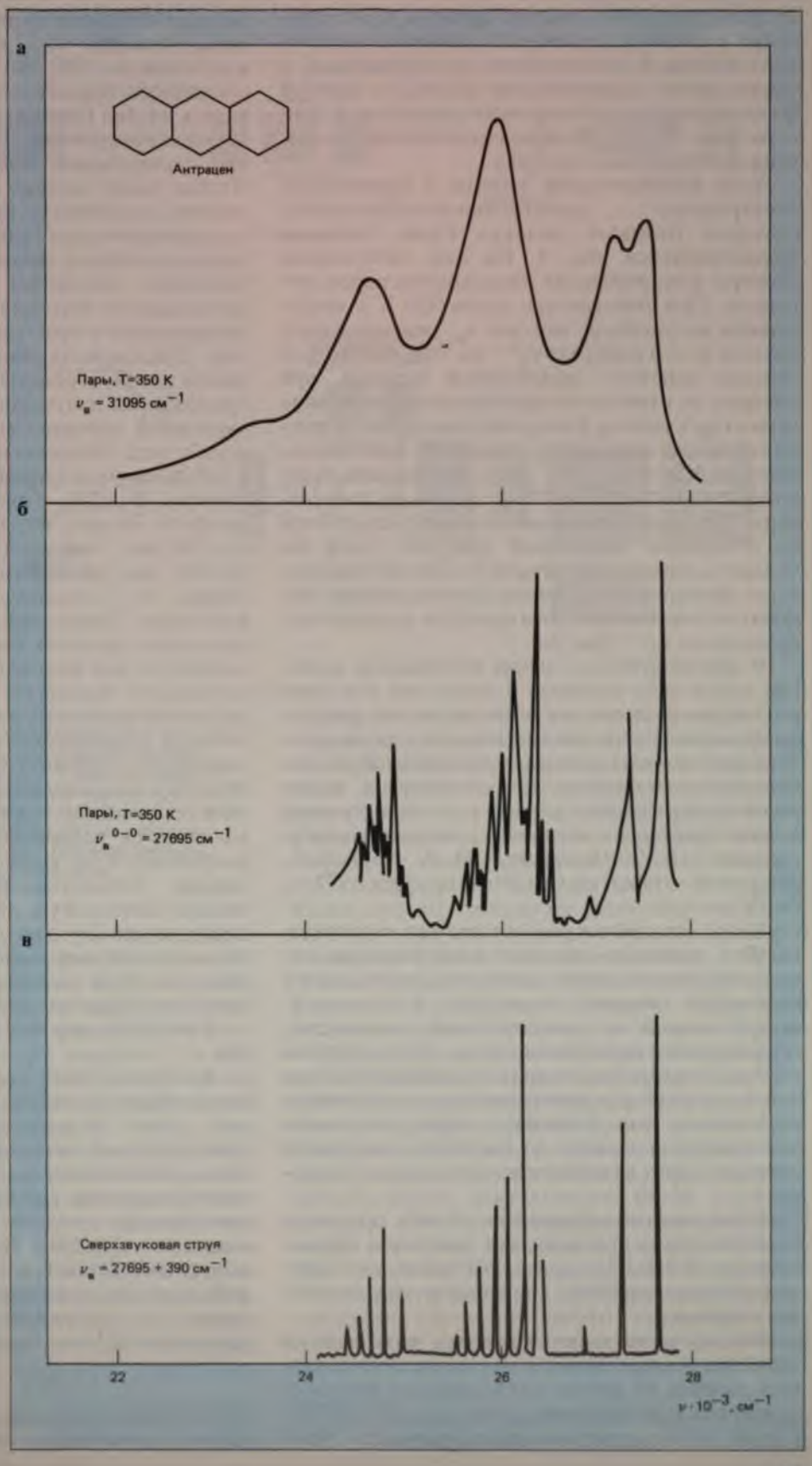


Рис. 3. Спектры флуоресценции антрацена: *а* — на сплошном фоне спектра прослеживаются колебательные полосы; *б* — колебательные полосы распадаются на квазилинии; *в* — спектр линейчатый, $\nu_в$ — частота возбуждающего излучения

сохраняется в ней в течение времени τ. Это приводит к сильной зависимости спектров, квантового выхода и длительности флуоресценции, а также других характеристик молекул в газовой фазе от энергии поглощенного кванта $h\nu_B$ и температуры T, т. е. от запаса колебательной энергии возбужденных молекул.

Роль колебательной энергии в образовании электронных (электронно-колебательных) спектров сложных молекул очень наглядно иллюстрируется рис. 3. На нем изображены спектры флуоресценции разреженных паров аитрацена. При температуре паров 350 K и возбуждении излучением частоты ν_B, превышающей частоту 0 — 0 перехода ν_B^{0-0} на 3400 $см^{-1}$ (0 — 0 переход означает электронный переход, при котором не изменяется колебательное состояние молекулы), спектр флуоресценции имеет сплошной фон, на котором проявляются колебательные полосы (рис. 3,*а*). Если возбуждать пары антрацена частотой ν_B^{0-0}, не меняя их температуру T, то колебательные полосы распадаются на отдельные квазилинии (рис.3,*б*). Если же охладить пары в сверхзвуковой струе до температуры примерно 10 K, спектр флуоресценции становится линейчатым, хотя при этом ν_B несколько превышала ν_B^{0-0} (рис.3*в*).

С другой стороны, меняя собственное давление паров либо добавляя к парам тот или иной посторонний химически неактивный газ при различных давлениях, можно изменять характер и величину межмолекулярных воздействий на возбужденные молекулы. Взаимодействия электронно-возбужденных молекул с посторонними газами приводят к явлению стабилизации-лабилизации (Б. С. Непорент, Н. А. Борисевич, диплом на открытие СССР от 14 июня 1977 г., № 186).

Ниже излагаются результаты наших исследований с помощью световых импульсов пикосекуидной длительности сверхбыстрых процессов в свободных сложных молекулах: электронной, колебательной и вращательной релаксации, структурных перегруппировок. Для изучения влияния межмолекулярных взаимодействий на эти процессы к разреженным парам добавлялись посторонние газы, давление которых постепенно увеличивалось вплоть до перевода газофазной системы через критическое состояние к раствору.

Необходимая информация об этих процессах была получена при изучении генерации наносекундной и пикосекундной длительности, кинетики люминесценции, усиления и наведенного поглощения.

Исследования кинетики велись на созданных в лаборатории установках на основе пикосекундных лазеров на рубине (длительность импульса $\tau_И$=20 пс) и неодимовом стекле ($\tau_И$=2 — 6 пс). Схема усовершенствованного варианта установки изображена на рис. 4. Неодимовый лазер с синхронизацией мод *1* генерирует цуг импульсов излучения λ=1060 нм. Для выделения из цуга одиночного пикосекундного импульса использовалась ячейка Поккельса* *2*, находящаяся между двумя скрещенными поляризаторами (направление поляризации взаимно перпендикулярно). Чтобы такая система пропускала излучение в течение короткого промежутка времени, на электрооптический кристалл ячейки Поккельса подается импульс высоковольтного напряжения. Кристалл становится двулучепреломляющим, выходящий из него импульс света изменяет свою поляризацию и проходит через второй поляризатор. Длительность импульса напряжения выбирается такой, чтобы устройство открывалось для прохождения излучения на время, меньшее, чем временной интервал между соседними импульсами в цуге. Одиночный импульс длительностью 6 пс усиливается трехкаскадным усилителем *3* до энергии 20 мДж. Кристаллы КПД *4* (дигидрофосфата калия) позволяют получать вторую (λ=530 нм), третью (λ=353 нм) и четвертую (λ=265 нм) гармоники излучения неодимового лазера, т. е. удвоить, утроить и т. д. частоту излучения. Делительное зеркало *5* направляет излучение гармоник через линию задержки *6* на кювету *10* для возбуждения находящегося в ней изучаемого вещества. Излучение λ=1060 нм падает на кювету *7* с тяжелой водой (D_2O), в которой генерируется импульс излучения пикосекундного континуума (сплошного широкого спектра). Он расщепляется на два: зондирующий *(I)* и опорный *(II)*, на пути которых может устанавливаться поляризатор *9*. Опорный импульс направляется на кювету *10* до импульса возбуждения. Зондирующий импульс, пройдя переменную оптическую линию задержки (ОЛЗ) *8*, падает на кювету в различные моменты времени Θ после действия на вещество возбуждающего импульса. При перемещении призмы ОЛЗ на Δl временная задержка составит $\Theta = 2\Delta l/c$.

Система измерений работает в двух вариантах.

В первом случае измерение оптической плотности поглощения или усиления на фиксированной длине волны зондирующего излучения (спектральный интервал зондирующего излучения выделяется сменными интерференционными светофильтрами $c\Delta\lambda$=3 нм) осуществляется с помощью фотодиодов *11* и измерителя энергии импульсов (Rj 7200) *12*. Каждая точка экспериментальной кривой для фиксированной временной задержки зондирующего импульса по отношению к возбуждающему получается после усреднения 50 лазерных вспышек.

* Ячейка Поккельса — электрооптический кристалл, помещенный между двумя электродами.

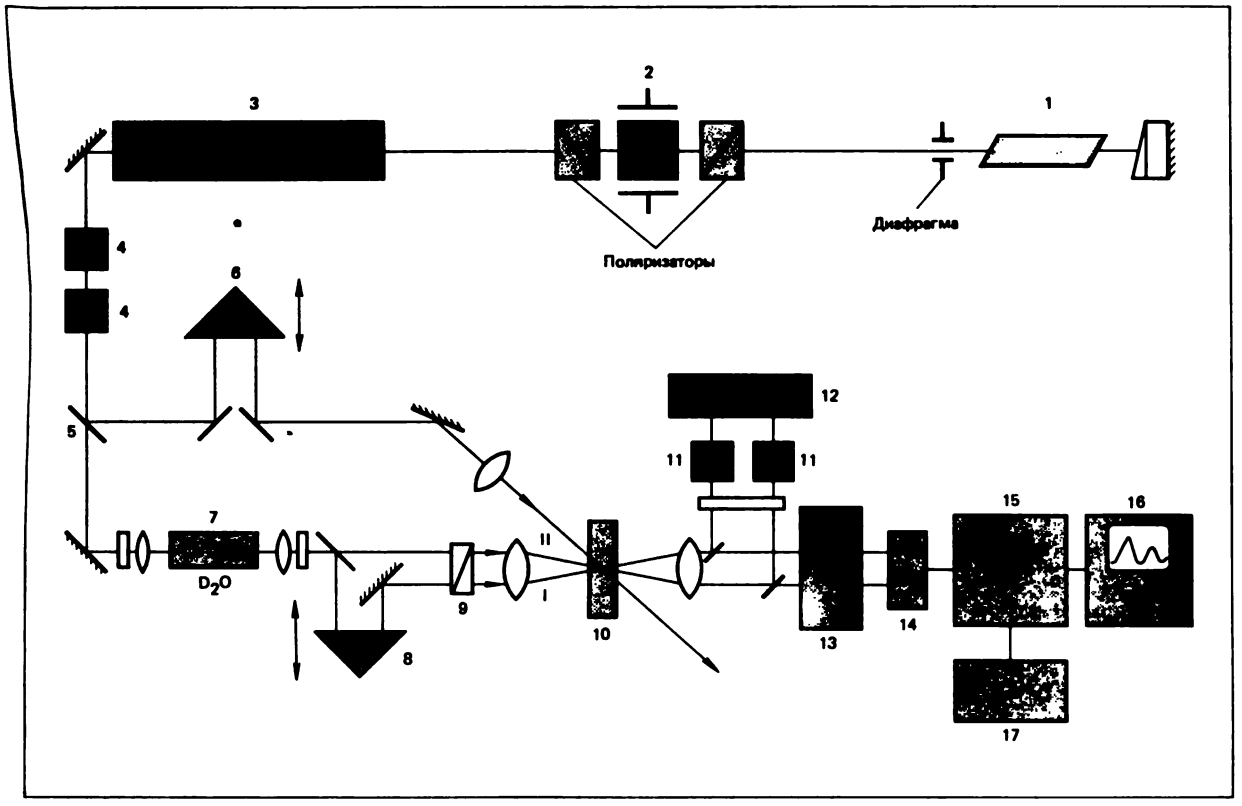


Рис. 4. Схема установки на основе пикосекундного лазера: *1* **— неодимовый лазер;** *2* **— ячейка Поккельса;** *3* **— усилитель;** *4* **— кристаллы КДП;** *5* **— делительное зеркало;** *6, 8* **— оптические линии задержки;** *7* **— кювета с тяжелой водой;** *9* **— поляризатор;** *10* **— кювета с веществом;** *11* **— фотодиоды;** *12* **— измеритель энергий импульсов;** *13* **— полихроматор;** *14* **— видикон;** *15* **— оптический многоканальный анализатор;** *16* **— дисплей;** *17* **— графопостроитель; I и II — зондирующий и опорный импульсы**

Во втором случае спектры наведенного поглощения и усиления измеряются через различные моменты времени после импульса возбуждения с помощью оптического спектроанализатора OSA фирмы «Спектроник» (ФРГ), в который входят полихроматор *13*, видикон *14* и многоканальный анализатор (ОМА) *15*. Вывод информации осуществляется на графический дисплей *16* и графопостроитель *17*.

При замене переменной оптической линии задержки в канале зондирования на так называемый эшелон (оптический элемент, длина которого меняется ступенчато) можно одновременно регистрировать несколько спектров усиления и наведенного поглощения с различными временными задержками Θ за одну лазерную вспышку.

Математическое моделирование исследуемых процессов с учетом профиля лазерных импульсов позволяет повысить временное разрешение установки до 1 пс.

Фото пикосекундной установки представлено на рис. 5.

Как известно, наиболее полную информацию о характере и скорости вращательного движения молекул, влиянии межмолекулярных взаимодействий на процессы молекулярных переориентаций можно получить, исследуя поляризацию флуоресценции и генерируемого излучения. В этом плане газофазные системы обладают особой спецификой. Несмотря на то что время жизни сложных молекул в возбужденном состоянии на два-три порядка больше среднего периода свободного вращения молекул, при возбуждении разреженных паров линейно-поляризованным излучением благодаря сохранению полного момента количества движения и энергии свободной молекулы, сохраняется оптически индуцированная анизотропия. Это должно проявляться в поляризации испускаемого молекулами излучения. Действительно, нами была обнаружена и изучена поляризация флуоресценции, а затем и вынужденного излучения нано- и пикосекундной длительности паров сложных молекул. Степень поляризации флуоресценции паров оказалась невысокой: для 1,4-ди-[2—(5-фенилоксазолил)]-бензола (ПОПОП) равной 8%, п-кватерфенила — 11%. Пороговый эффект генерации стимулированного излучения, связанный при дихроизме*усиления с различным выживанием мод, обладающих разной поляриза-

* Дихроизм — зависимость свойств среды от направления распространения излучения.

цией, приводит к увеличению селектирующего действия дихроизма коэффициента усиления, и степень поляризации генерирующего излучения газофазными средами может достигать больших значений.

На рис. 6 представлена зависимость степени поляризации генерируемого парáми ПОПОП излучения наносекундной (кривая *1*) и пикосекундной (кривая *2*) длительности от концентрации постороннего газа пентана. Пикосекундная генерация возбуждалась импульсом линейно поляризованного излучения второй гармоники рубинового лазера длительностью 20 пс, наносекундная — импульсом длительностью 2,5 нс линейно поляризованного излучения азотного лазера. Степень поляризации сильно зависит от давления пентана. Для разреженных парóв в отсутствие пентана степень поляризации излучения наносекундной длительности равна 100%. Добавление к парáм ПОПОП пентана при сравнительно небольших давлениях вызывает сильную деполяризацию генерируемого излучения, которую следует связать с ударной разориентацией активных молекул. При больших давлениях пентана степень поляризации начинает расти, что может быть обусловлено ростом вязкости активной среды. Кривая для пикосекундной генерации при всех давлениях пентана лежит выше, поскольку за такие короткие промежутки времени среда оказывает меньшее разориентирующее действие на активные молекулы.

Таким образом, обнаруженная поляризация генерируемого излучения подтвердила оптически индуцированную ориентационную анизотропию ансамбля электронно-возбужденных многоатомных молекул в газовой фазе. Прослежен переход от деполяризации излучения за счет ударной переориентации активных молекул к росту степени поляризации при больших давлениях постороннего газа за счет роста вязкой среды.

Релаксация оптически индуцированной ориентационной анизотропии изучалась следующим образом (рис. 7,*а*). Анизотропия ансамбля электронно-возбужденных молекул создавалась в результате возбуждения молекул импульсом линейно поляризованного излучения $\lambda_B = 530$ нм длительностью 2—4 пс. Затем через различные времена задержки Θ на кювету с веществом направлялись импульсы зондирующего излучения пикосекундного континуума перпендикулярных поляризаций I''_0 и I^{+}_0. На выходе из кюветы определялись интенсивности перпендикулярных поляризаций $I''(\Theta)$ и $I^{+}(\Theta)$ усиления или наведенного поглощения $S_1^* \rightarrow S_n^*$ (S_1^* — первый возбужденный электронный уровень молекулы, S_n^* — более высокий).

Экспериментальная зависимость дихроизма $r(\Theta)$ усиления и наведенного поглощения от времени для паров 3,6-димонометиламинофтали-

Рис. 5. Фото пикосекундной установки

мида при давлении постороннего газа пентана 350 атм иллюстрируется рис. 7,*б*. Наблюдается экспоненциальное и одинаковое уменьшение со временем дихроизма усиления и наведенного поглощения. Найденное из этой зависимости время релаксации ориентационной анизотропии $\tau_{ор}$ оказалось равным 7 пс. Для раствора этого же фталимида в пентане $\tau_{ор}$ примерно в два раза больше.

Зная τ_{op}, вязкость раствора η и температуру T, по известной формуле $\tau_{op} = \frac{\eta V}{kT}$ можно определить гидродинамический молекулярный объем V и вычислить средний его радиус. Для изучаемого фталимида он оказался 4,4 Å, т.е. равным примерно радиусу молекулы. Переход от жидкой фазы через критическую точку к газовой осуществлялся путем повышения температуры среды на 200°. Учитывая рост температуры и изменения вязкости, расчет по этой формуле дает значение τ_{op} для газовой фазы, близкое к экспериментальному. Следовательно, переход через критическую точку к газовой фазе при высоких давлениях нейтрального постороннего газа не приводит к качественным изменениям в характере межмолекулярных взаимодействий. Полученные данные также подтверждают сделанный ранее вывод о том, что рост степени поляризации генерируемого излучения нано- и пикосекундной длительности парóв ПОПОП в области больших давлений постороннего газа

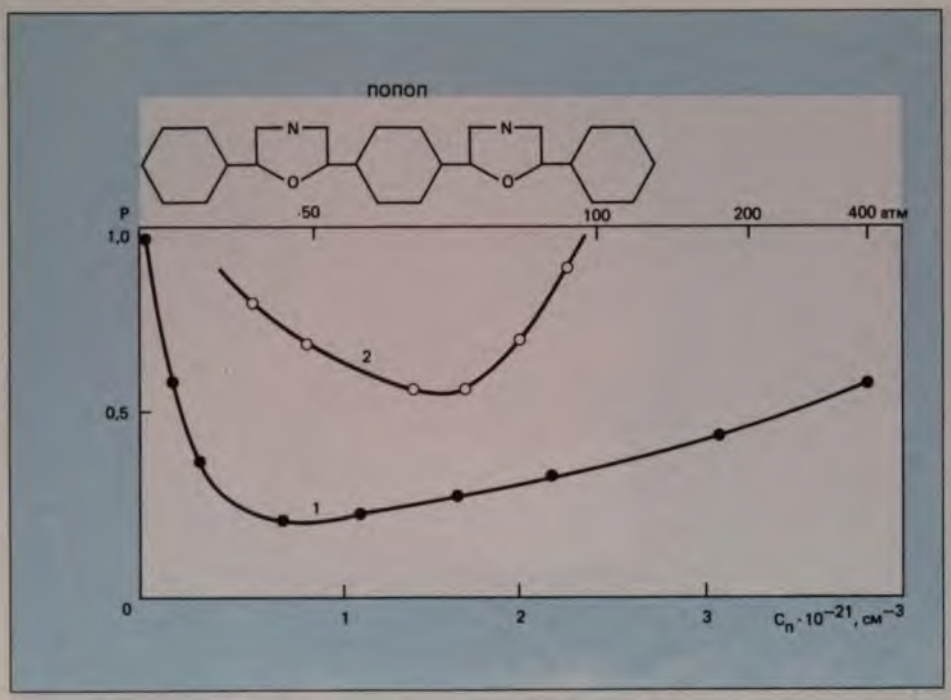


Рис. 6. Зависимость степени поляризации P наносекундной *(1)* и пикосекундной *(2)* генерации излучения парами ПОПОП от концентрации постороннего газа пентана $C_п$ (концентрация ПОПОП равна $2 \cdot 10^{17}$ см$^{-3}$, температура $T = 613$ К)

пентана связан с увеличением вязкости среды.

Сложные молекулы характеризуются большой вероятностью внутримолекулярного перераспределения колебательной энергии по внутренним степеням свободы, т. е. малым временем колебательной релаксации $\tau_{кол}$, значительно меньшим времени жизни возбужденных молекул τ. С появлением пикосекундной техники оказалось возможным провести прямые измерения $\tau_{кол}$ для ряда свободных молекул. Отличительная особенность использованного в нашей лаборатории метода измерения $\tau_{кол}$ — одновременное его определение по нарастанию интенсивности наведенного поглощения, возникающего в результате перехода молекул из первого возбужденного синглетного* уровня на более высокие, и скорости изменения ширины спектра.

В качестве примера рассмотрим данные, полученные для перилена. В спектре паро́в перилена наблюдаются колебательные полосы, отстоящие друг от друга на 1300 см$^{-1}$. После перевода молекул перилена пикосекундным импульсом третьей гармоники неодимового лазера на колебательно неравновесный уровень возбужденного электронного состояния развивается процесс релаксации на нижние более активные в оптических переходах колебательные уровни. В результате наблюдается разгорание во времени наведенного $S_1^* \rightarrow S_n^*$ поглощения (рис. 8,*а*). Чтобы найти по экспериментальной кривой $\tau_{кол}$, ее сопоставляют с кривыми, полученными из решения уравнений баланса населенностей колебательно-неравновесных уровней и переноса излучения (с учетом формы импульса возбуждения) для разных времен колебательной релаксации.

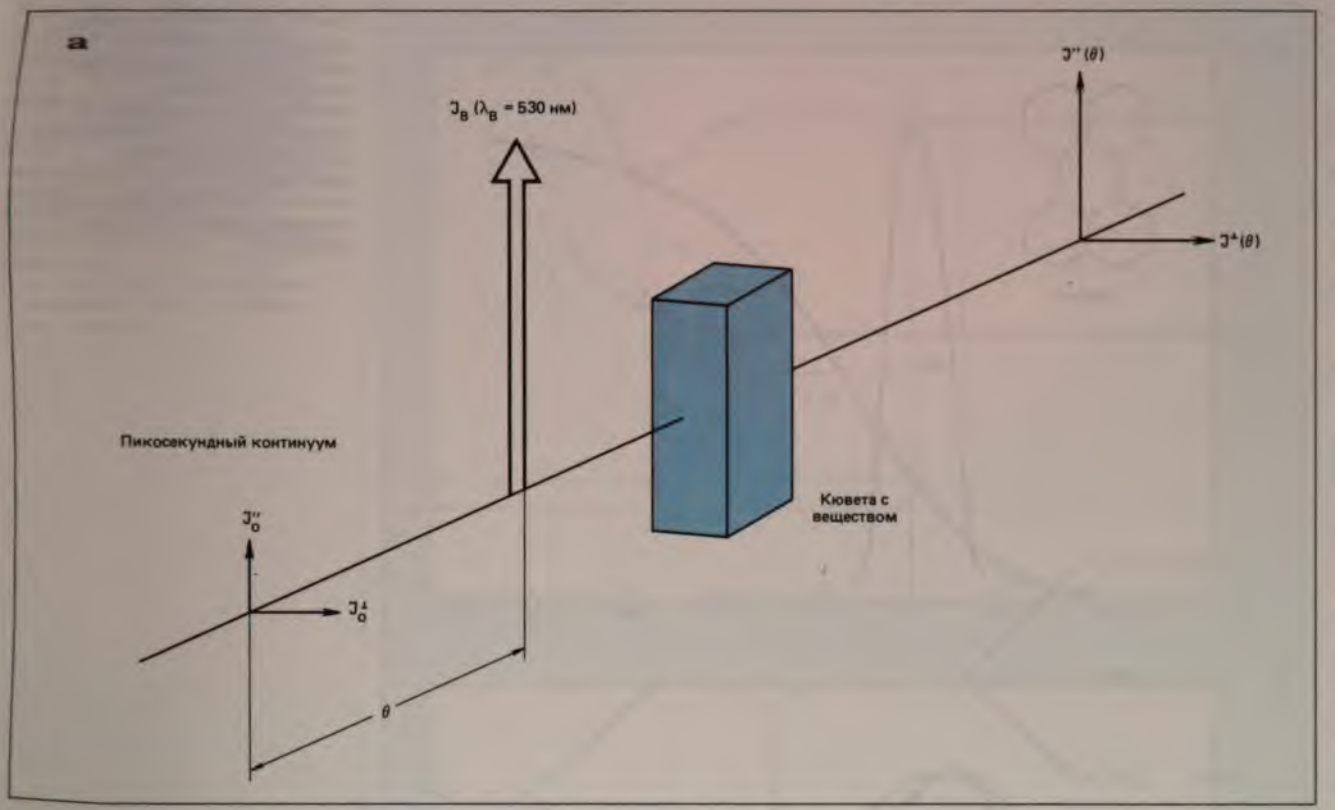
Со временем также сокращается ширина спектра наведенного поглощения (рис. 8,*б*), что свидетельствует об уменьшении энергии на активных в электронном переходе колебаниях. Искомое $\tau_{кол}$ находится из анализа скорости сужения спектра. При температуре паров перилена $T = 630$ К и превышении частоты возбуждающего излучения ν_B над частотой 0 — 0 перехода на 4300 см$^{-1}$ обоими методами получено одинаковое значение $\tau_{кол} = 8$ пс.

По линейчатым спектрам флуоресценции перилена, полученным в сверхзвуковой струе, показано, что время колебательной релаксации значительно сокращается с увеличением запаса колебательной энергии возбуждаемых молекул. Этот результат прямо подтверждает сделанный ранее Б. С. Непорентом вывод о возрастании вероятности внутримолекулярного перераспределения колебательной энергии с ростом ее запаса.

Для ПОПОП найдено, что в газовой фазе $\tau_{кол}$ больше, чем в конденсированной. Среда ускоряет колебательную релаксацию.

Колебательная энергия молекул, скорость ее релаксации оказывают существенное влияние на характер спектров люминесценции и поглощения, на кинетику химических реакций, особенно при мощном лазерном возбуждении молекул. Следует, однако, отметить, что исследования по релаксации колебательной энергии пока немногочисленны, а некоторые противоречивы. Для

* Синглетные уровни молекул магнитное поле не расщепляет, дублетные расщепляет на два, а триплетные — на три уровня.



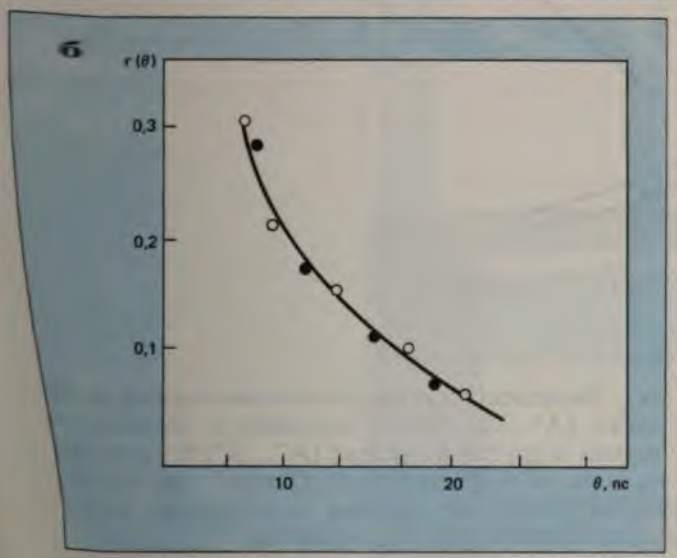


Рис. 7. Релаксация индуцированной анизотропии: *а* — находящиеся в кювете молекулы вещества возбуждаются пикосекундным импульсом линейно-поляризованного излучения $\lambda_в = 530$ нм. Через различные времена задержки Θ на кювету посылаются импульсы зондирующего излучения пикосекундного континуума такой же поляризации (I''_0), как и возбуждающее излучение или перпендикулярной ему ($I^{\perp}_0$). На выходе из кюветы измеряется интенсивность усиления или наведенного поглощения взаимно перпендикулярных поляризаций $I''(\Theta)$ и $I^{\perp}(\Theta)$; *б* — зависимость от времени $r(\Theta)$ дихроизма усиления (черные кружки) и дихроизма $S_1^* \rightarrow S_n^*$ поглощения (светлые кружки) паров 3,6 — димонометиламинофталимида в присутствии постороннего газа пентана при давлении 350 атм, $T = 493$ К

более детального исследования колебательной релаксации предстоит изучить одни и те же молекулы в конденсированной, газовой фазах и сверхзвуковой струе с фемтосекундным временным разрешением.

Одним из путей безызлучательной релаксации энергии электронного возбуждения является интерконверсия — переход возбужденных молекул из синглетного состояния в триплетное.

Безызлучательная интерконверсия играет главную роль в релаксации электронного возбуждения в молекулах типа антрахинона, бензофенона со сложной структурой электронных уровней. Времена интерконверсии лежат в пикосекундном интервале и определялись по нарастанию триплетного поглощения. Для паров 4-фенилбензофенона время интерконверсии равно 20 пс. Среда ускоряет процесс, и в растворах этого вещества оно равно 10 пс. Аналогичным способом изучалось влияние на интерконверсию тяжелого атома, входящего в структуру молекулы.

Интересные результаты получены при исследовании сверхбыстрых процессов образования и распада эксиплексов и структурных превращений молекул в газовой фазе (фотоизомеров, свободных радикалов).

Диаграмма уровней энергии, иллюстрирующая процесс образования эксиплексов, приведена на рис. 9,*а*. При уменьшении расстояния r

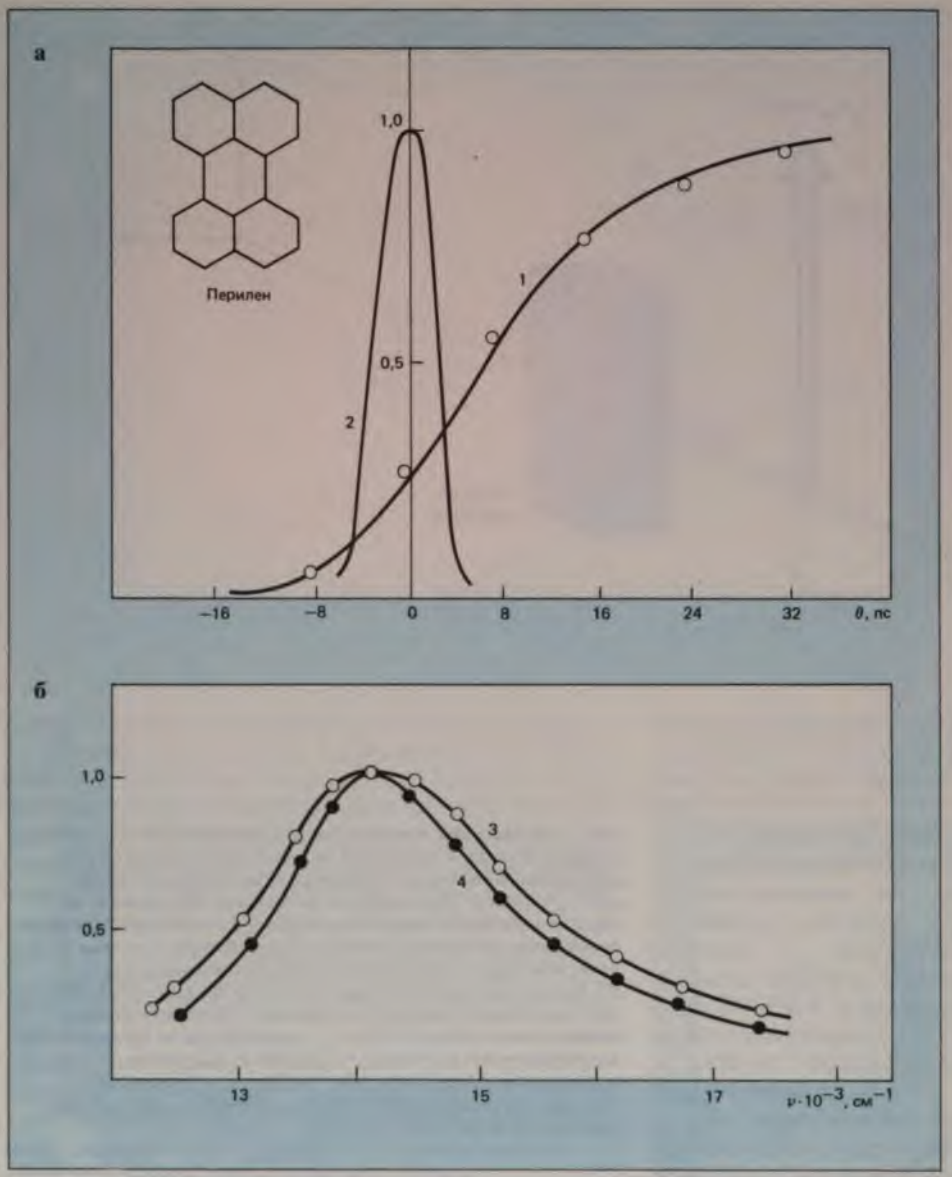


Рис. 8. Наведенное поглощение паров перилена: *а* — **разгорание во времени наведенного поглощения** *(1)* **и импульс возбуждающего излучения** *(2)*; *(б)* — **спектры наведенного синглетного поглощения:** *3* — Θ = **10 пс;** *4* — Θ = **30 пс. Максимальные значения кривых** *1—4* **приняты за 1**

между молекулами A_0 и $Д_0$ в результате переноса заряда от невозбужденной молекулы $Д_0$, имеющей низкий потенциал ионизации, к возбужденной молекуле A^*, которая обладает высоким сродством к электрону, образуется устойчивый возбужденный комплекс с переносом заряда (эксиплекс) $[A^- - Д^+]^*$. Между невозбужденными молекулами A_0 и $Д_0$ устойчивый комплекс не образуется. Флуоресценция эксиплекса, как видно из приводимой ниже диаграммы, всегда более длинноволновая, чем мономера.

Образующийся вначале столкновительный комплекс $[A^*...Д_0]$ (см. рис. 9,*а*) может переходить в эксиплекс $[A^- — Д^+]^*$, который либо испустит квант флуоресценции $h\nu_{экс}$, либо безызлучательно распадется на невозбужденные $A_0 + Д_0$ или на возбужденную и невозбужденную молекулы $A^* + Д_0$ с испусканием мономером кванта $h\nu_A$. Эксиплекс, а также столкновительный комплекс $[A^*...Д_0]$ могут переходить безызлучательно в другой комплекс $[A^-...Д^+]$ с распадом на ионы $A^- + Д^+$ (рис. 9,*б*). Ответить на вопрос, каким путем идет распад эксиплексов, позволяют кинетические исследования.

Рассмотрим две взаимодействующие пáры: 9,10-дицианоантрацен + диметиланилин и антрацен+диметиланилин.

Спектры флуоресценции *(1)* и поглощения *(2)* парóв 9,10-дицианоантрацена (A_0) изображены на рис. 9,*в*. При добавлении в кювету парóв диметиланилина ($Д_0$) при давлениях порядка 2 атм, кроме флуоресценции мономера, наблюдается более длинноволновая флуоресценция эксиплекса $[A^- — Д^+]^*$ (кривые *3, 4, 5*). Длительность мономерной флуоресценции 5 нс, а эксиплексной — 35 нс. Как при увеличении длины

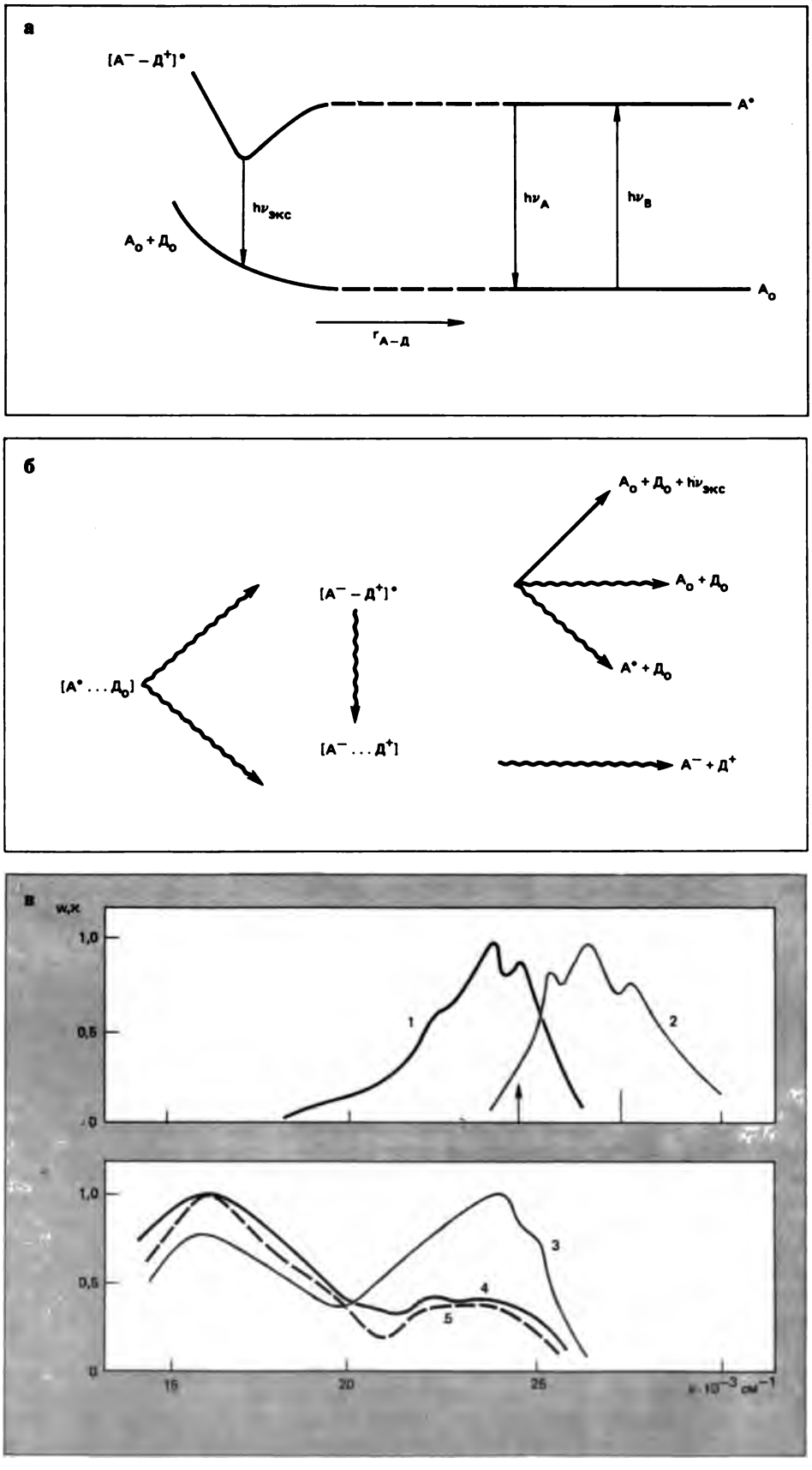


Рис. 9: *а* — диаграмма электронных уровней энергии молекулы A_0 и эксиплексов $A_0+Д_0$; *б* — схема образования и распада эксиплексов; *в* — спектры флуоресценции *W (1)* и поглощения *Х (2)* паров 9,10 — дицианоантрацена, спектры флуоресценции эксиплекса 9,10-дицианоантрацен + диметиланилин (*3* — $\lambda_в$ = 365 нм, *T*=650 К; *4* — $\lambda_в$ =405 нм, *T*=650 К; *5* — $\lambda_в$ = 365 нм, *T*= 510 К)

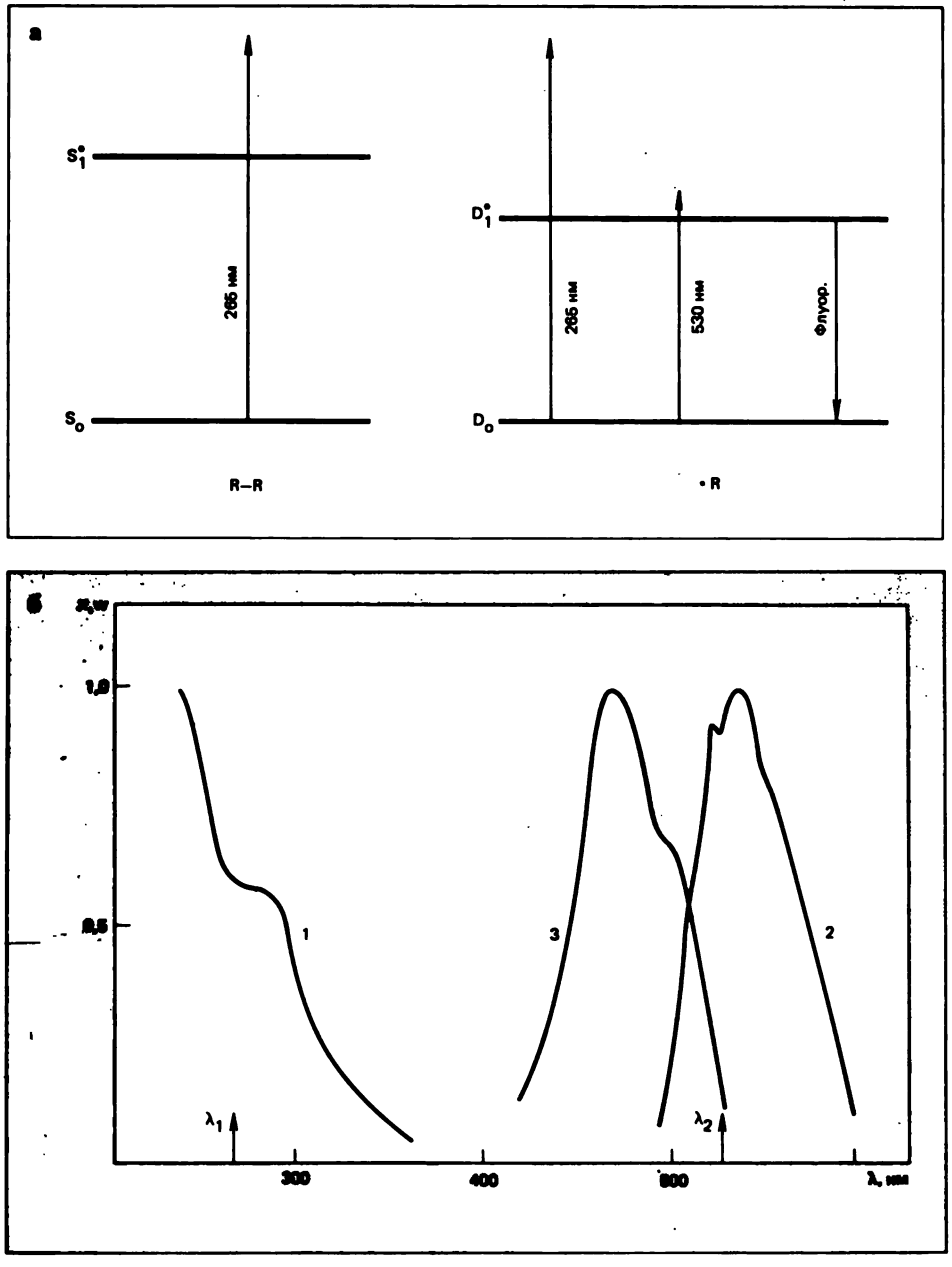


Рис. 10: *а* — диаграмма электронных уровней энергии молекулы (*R—R*) и свободного радикала (•*R*); *б* — спектр поглощения χ паров бис- (параамино-фенил) — дисульфида *(1)*, спектры флуоресценции *W (2)* и поглощения χ (3) паров аминофенилтиильного радикала (*T* = 510 К)

волны возбуждающего излучения, так и при понижении температуры смеси паров интенсивность флуоресценции в максимуме полосы мономера падает, а в максимуме полосы эксиплекса растет.

Таким образом, повышение запаса колебательной энергии возбужденных молекул 9,10-дицианоантрацена оптическим ($h\nu_B$) или термическим (Т) путем ведет к более эффективному безызлучательному распаду эксиплексов на невозбужденные молекулы $A_0+Д_0$ либо на возбужденную A^* и невозбужденную $Д_0$. Доминирующим каналом оказался последний. Это вытекает из анализа спектров флуоресценции бинарной системы, полученных на разной степени затухания. Если в начальный период затухания благодаря увеличению числа столкновений интенсивность эксиплексной флуоресценции растет, а мономерной падает, то спустя 25 нс наблюдается обратная картина. Увеличение относительной интенсивности мономерной флуоресценции может происходить только за счет испускания высвобождающихся из комплексов возбужденных молекул A^*. Третий упомянутый путь безызлучательного распада эксиплексов — на ионы $A^- + Д^+$ тоже не приводил бы к появлению дополнительных квантов мономерной флуоресценции.

В газофазной системе антрацен + диметиланилин в присутствии постороннего газа гексана

(300 атм, $T=510$ К) тушится флуоресценция антрацена, но флуоресценция эксиплексов не регистрируется, хотя в растворе при комнатной температуре она весьма интенсивна. Чтобы выяснить причину отсутствия флуоресценции эксиплексов в газовой фазе, изучались спектры наведенного поглощения паров антрацена и паров смеси антрацен + диметиланилин. В обоих случаях присутствовал гексан (300 атм). Возбуждение осуществлялось пикосекундным импульсом ($\tau_и$ = 6 пс, $\lambda_в$ = 353 нм), зондирование производилось континуумом с задержкой $\Theta=60$ пс. В первом случае наблюдается полоса наведениого синглетного $S_1^* \rightarrow S_n^*$ поглощения антрацена $\lambda_{max}=620$ нм. Во втором случае полоса поглощения $\lambda_{max}=620$ нм практически отсутствует, поскольку возбужденные молекулы антрацена участвуют в образовании эксиплексов, а появляется полоса поглощения $\lambda_{max}=720$ нм, интенсивность которой, начиная от задержек 50 пс и до наносекундных, остается неизменной. Эта полоса, как и для раствора, обусловлена поглощением аниона антрацена ($A^- \rightarrow A^{-*}$). Следовательно, распад эксиплексов данной пары идет на ионы $A^- + Д^+$.

В заключение остановимся на лазерноиндуцированной флуоресценции и генерации свободных радикалов. Флуоресценция свободных радикалов, образующихся при фотолизе сложных органических молекул в растворе, — явление редкое вследствие эффективной рекомбинации радикалов в окружении молекул растворителя. В газовой фазе лишь недавно наблюдались флуоресценция и генерация излучения свободных радикалов.

При поглощении молекулой бис-(парааминофенил)-дисульфида ($R—R$) кванта излучения пикосекундного импульса ($\tau_и=6$ пс, $\lambda_в=265$ нм) образуется радикальная пара ($R:R$), распадающаяся на два электронно-невозбужденных радикала $•R$. У радикала имеется один неспаренный электрон, поэтому система его электронных уровней не имеет синглетных и триплетных, а состоит из дублетных уровней (рис. 10,*а*).

Пары соединения ($R—R$) поглощают в ультрафиолетовой области *1* и не флуоресцируют (рис. 10.*б*). При поглощении лазерного излучения молекулами $R—R$ возникает также длинноволновая полоса, принадлежащая поглощению радикалов *3*, положение и форма которой при временных задержках зондирующего излучения до 200 пс остается неизменной. Интенсивность поглощения зависит линейно от интенсивности излучения, падающего на кювету с парами. Наблюдается и полоса флуоресценции радикала *2*. Интенсивность флуоресценции квадратично зависит от интенсивности падающего (возбуждающего) излучения. Это означает, что часть квантов возбуждающего излучения расходуется на фотолиз молекулы, а часть поглощается быстро образованными радикалами, которые флуоресцируют. Двухквантовый механизм возникновения флуоресценции подтверждается последовательным воздействием на пары пикосекундных импульсов $\lambda_1=265$ нм и $\lambda_2=530$ нм, когда второй возбуждающий импульс задержан относительно первого на 20—200 пс. Излучение $\lambda_2=530$ нм попадает в полосу поглощения свободного радикала, и при последовательном воздействии излучения λ_1 и λ_2 интенсивность флуоресценции значительно выше, чем при облучении паров только импульсом λ_1.

Изучалось поглощение аминофенилтиильного свободного радикала при различных временах задержки Θ импульсов возбуждающего и зондирующего излучения. Анализ полученных данных дает время образования радикала $\tau_р<1$ пс, т. е. радикальная пара ($R:R$) очень быстро распадается на свободные радикалы ($•R$).

Поскольку радикалы не имеют триплетного поглощения, то можно было ожидать генерации ими излучения. Действительно, генерация получена на радикалах изучаемой молекулы в газовой фазе в присутствии постороннего газа диэтилового эфира при накачке излучением эксимерного лазера $\lambda_в=308$ нм. Наблюдаемая генерация излучения $\lambda_{max}=620$ нм свободными радикалами оказывается наиболее длинноволновой из зарегистрированных для лазеров на органических молекулах в газовой фазе.

* * *

Изложенные в статье результаты наших исследований наглядно показывают, насколько разнообразно применение пикосекундных световых импульсов и какая важная информация при этом может быть извлечена о сверхбыстрых процессах в молекулярных системах. Предстоит создать лазеры, генерирующие воспроизводимые достаточно интенсивные фемтосекундные импульсы. Это откроет новые возможности для исследования взаимодействия света с веществом. Достижение предельно короткой длительности импульсов позволит глубже проникнуть в природу света.

Николай Сергеевич ЕНИКОЛОПЯН (Ениколопов) — (р. 1924) — физикохимик, доктор химических наук, профессор, академик, директор Института синтетических полимерных материалов, лауреат Ленинской премии.

В 1945 окончил Ереванский политехнический институт. С 1946 работает в Институте химической физики АН СССР.

Основные работы посвящены исследованию кинетики и механизмов цепных реакций окисления углеводородов и ионной полимеризации, изучению влияния различных физических факторов на образование и превращения макромолекул. Им разработаны основы количественной теории вырожденно-разветвленных процессов и установлен механизм окисления простейших углеводородов. Н. С. Ениколопян открыл новый элементарный акт передачи цепи с разрывом, возникающий при взаимодействин активных центров растущей цепи со звеньями макромолекул.

В 1966 Н. С. Ениколопян избирается членом-корреспондентом АН СССР.

В начале 70-х годов Н. С. Ениколопян возглавил комплексные исследования по систематическому изучению проблемы полимерных композиционных материалов, в результате было создано производство армированных пластмасс с рекордными характеристиками.

В 1976 Н. С. Ениколопян был избран действительным членом Академии наук СССР. Особое место среди работ Н. С. Ениколопяна занимают исследования особенностей протекания полимеризационных процессов в экстремальных условиях. Одно из этих направлений — изучение низкотемпературных твердофазных процессов — привело к созданию теории анизотропной твердофазной полимеризации. За цикл работ «Обнаружение и исследование аномально быстрой полимеризации в твердой фазе» коллективу ученых с участием Н. С. Ениколопяна присуждена Ленинская премия 1980 г.

Н. С. Ениколопян — основоположник нового направления в технологии полимерных материалов — полимеризационного наполнения.

В последние годы созданы основы новой экструзионной технологии измельчения природных и синтетических веществ.

Автор более 600 научных работ, авторских свидетельств СССР и зарубежных патентов, в том числе открытий, зарегистрированных в реестре научных открытий СССР. Им написаны четыре фундаментальные монографии.

Михаил Лазаревич ФРИДМАН (р. 1940) — физикохимик, специалист в области прикладной реологии и технологии переработки полимеров. Окончил Московский институт химического машиностроения в 1964. С 1964 по 1976 работал на Московском нефтеперерабатывающем заводе в качестве инженера-механика, начальника установки, старшего инженера-технолога и начальника цехов грануляции и переработки полипропилена. Активно участвовал в создании и освоении первого в СССР и странах СЭВ производства полипропилена.

В 1970 защитил кандидатскую диссертацию по теме: «Реологические свойства и высокоскоростная экструзия полипропилена». С 1976 — заведующий сектором реологии научной части научно-производственного объеднинения «Пластик», а с 1979 — заведующий лаборатории реологических исследований Всесоюзного научно-исследовательского и конструкторского института переработки пластмасс того же объединения. В 1982 защитил докторскую диссертацию по теме: «Регулирование реологических свойств термопластов и композиций на их основе с целью интенсификации процессов формования».

Научные интересы связаны с экспериментальной и прикладной реологией полимеров и композиционных материалов, основами новых процессов их переработки в различные изделия. Опубликовал монографии «Полипропилен» (1973) в соавторстве с Д. В. Иванюковым и «Технология переработки кристаллических полиолефинов» (1977), ряд обзоров и брошюр.

М. Л. Фридман — автор более 100 научных работ, более 50 авторских свидетельств СССР на изобретения (многие из которых со значительным экономическим эффектом внедрены в промышленную практику) и зарубежных патентов.

Н. С. ЕНИКОЛОПЯН, М. Л. ФРИДМАН

Химия твердого тела — новая наука и новая технология

Химические и физические процессы в твердой фазе позволяют на новой основе построить ряд высокоэффективных технологий. Получение полимеров, смешение композиций, измельчение материалов — вот далеко не полный перечень процессов, базирующихся на химии твердого тела

Век полимеров — так образно характеризуют наше время. Действительно, в XX в. начался небывалый по масштабам и темпам рост производства синтетических полимерных материалов и их широчайшее проникновение буквально во все традиционные и новые отрасли промышленности, сельское хозяйство и быт.

На заре развития химии понимали, что для любых превращений и взаимодействий веществ необходим их тесный контакт, обеспечивающий достаточно активный массо- и теплоперенос, который, в свою очередь, проходит интенсивней в маловязких средах. Реакции веществ требуют прежде всего их взаимного проникновения либо за счет самопроизвольного движения (диффузии), либо принудительных внешних воздействий (давления и температуры). Так сложилась магистральная технологическая концепция — смешение веществ и реакции любого типа выгодно ироводить в газовой или жидкой фазах, когда вязкости сред низки и интенсивны процессы диффузин используемых веществ. В течение длительного времени не вызывало сомнения, что у твердых тел реакционная способность со скоростями, представляющими сколь-нибудь серьезный интерес, практически отсутствует. Поэтому твердофазная химическая технология считалась неперспективной.

В последние годы положение круто меияется, и на наших глазах зарождается новая высокоэффективная технология. О достижениях в этой области и перспективах пойдет речь в настоящей статье. Необходимо только сделать одну важную оговорку. Дело в том, что в силу своей природы полимерным материалам присуща одна характерная особенность — их реакции на внешние нагрузки (механические поля) сильно зависят от скорости воздействия. Полимерное вещество даже в жидком агрегатном состоянии при высокой скорости нагружения (например, высокочастотных вибрационных воздействиях, растяжении большой скоростью и т. п.) может проявлять себя твердым, терять способность к большим деформациям, переходить в вынужденное высокоэластичное состояние, одним словом, вести себя подобно типичным твердым телам. В этом случае говорят о «квазитвердом» состоянии полимерного материала. Для химии твердого тела логично рассматривать поведение материалов в истинно твердом и «квазитвердом» состояниях.

Химические реакции в твердой фазе: эксперимент и практика

Появление нового направления в химии и физикохимии связано с исследованиями пластического течения твердых тел. Они берут начало от работ американского ученого лауреата Нобелевской премии П. Бриджмена *(Bridgeman)*, впервые в 1937 г. реализовавшего и исследовавшего большие пластические течения в металлах на аппаратуре, получившей название наковален Бриджмена. Принцип их действия основан на том, что сжатие достаточно тонкого твердого образца между двумя плоскостями не приводит к его вытеканию. Между наковальнями, изготовленными из подшипниковой стали или другого твердого сплава и имеющими форму усеченных конусов, помещается образец исследуемого материала (при рабочей площади наковален около 1 см^2 масса исходного материала составляет 5—10 мг). Наковальни сжимаются в прессе, способном развить усилие до 100 т. В образце создается давлеиие до 100 кБар, после чего поворотом одной из наковален на угол от нескольких десятков до нескольких сотен градусов производят сдвиговую деформацию материала. Под воздействием высокого давления (ВД) и деформации сдвига (ДС) материал оказывается в сложнонапряженном состоянии.

Н. С. Ениколопяну с сотрудниками удалось обнаружить, что низкомолекулярные вещества (мономеры) в таком состоянии способны проявлять огромную физическую и химическую актив-

ность. В цикле исследований, базирующихся на этом открытии (диплом № 288 за 1984 г.), было показано, что высокие давления в сочетании с деформацией сдвига стимулируют целый ряд химических реакций в твердых телах. Уже в первых работах, относящихся к 1966 г., были получены продукты полимеризации* десятков различных мономеров. За несколько лет изучены реакционная способность мономеров и закономерности получения соединений разнообразных классов: производных олефинов, веществ ацетиленового ряда, нитрилов, гетероциклов, ароматических углеводородов и др. — всего свыше сотни веществ. Оказалось, что большинство материалов способно в условиях сочетания ВД и ДС образовывать высокомолекулярные соединения (полимеры). Исследования, проведенные Н. С. Ениколопяном, А. В. Жаровым, В. А. Жориным и другими, позволили обнаружить ранее неизвестные явления и превращения, которые не могут быть объяснены в рамках обычных представлений о химической кинетике и процессе пластического течения. Более того, оказалось, что вещества, подвергнутые воздействию ВД + ДС, приобретают ряд новых свойств, неприсущих исходному материалу. В некоторых случаях эти новые свойства сохраняются и после снятия нагрузок, а в других они исчезают сразу же после прекращения действия механического поля.

Кратко опишем выявленные особенности.

1. При ВД + ДС многие химические реакции идут с аномально высокими скоростями, так что их можно характеризовать как «сверхбыстрые» процессы в твердой фазе. Эти скорости исключительно велики не только в сравнении с обычными твердофазными процессами, но и по отношению к скоростям аналогичных процессов в жидких средах. Оценки показывают, что в условиях пластического течения скорость полимеризации таких веществ, как метилметакрилат, стирол, акриламид и т. д., на несколько порядков выше, чем в жидкофазных процессах.

2. Сверхбыстрые химические реакции идут только во время пластического течения исходных материалов, то есть только при повороте наковальни Бриджмена, последующий эффект отсутствует. При этом глубина реакции и количество образующегося продукта («выход» полимера) не зависят от ряда факторов, играющих в жидко- и газофазной химии важнейшую роль. Так, практически бесполезно менять время выдержки вещества под давлением, направление, цикличность и скорость вращения рабочей наковальни. Более того, опыты показали, что ни величина давления, ни температура не могут служить инструментом технолога для регулирования химических превращений, как это сплошь и рядом используется в обычной химической технологии. Как же управлять твердофазными превращениями?

Из всех регулируемых параметров действенным оказалось только изменение угла поворота рабочего инструмента, то есть суммарной величины деформации материала в зазоре между наковальнями. Типичная для твердофазных превращений кривая зависимости «выхода» продукта от угла поворота наковальни, или так называемая кинетическая кривая, показана на рис. 1. Эта кривая необычна тем, что по оси абсцисс отложено не время реакции в чистом виде, а величина угла поворота наковальни Бриджмена, пропорциональная (хотя и нелинейно) времени.

3. На многих примерах было показано, что механизм химических процессов в твердых телах при ВД + ДС и жидких (или газовых) средах различен. В твердофазных ироцессах реакции часто протекают не в тех направлениях, которые известны из классической химии для жидкостей и газов, а выбирают некоторые новые направления, характерные только для твердофазных реакций. Например, бензол имеет молекулы, структура которых образует замкнутый цикл (знаменитое бензольное кольцо), и является классическим инертным растворителем. При воздействии высоких давлений в сочетании с деформацией сдвига молекулы бензола присоединяются друг к другу с раскрытием цикла, образуя полимерное вещество. Акриламид, фумаровая и малеиновые кислоты полнмеризуются не по двойным связям, а путем образования полимеров — соответствеино полиакриламидов и полиэфиров. Примеры такого неклассического протекания химических процессов можно было бы продолжить, но и приведенных достаточно, чтобы убедиться, что химия твердого тела полна изысканно красивых (иначе не назовешь) превращений и загадок.

4. При высоких давлениях и деформации сдвига не только полимеризуются индивидуальные вещества, но могут протекать также процессы сополимеризации*. Причем в указанных механических полях взаимодействуют как мономеры, которые хорошо полимеризуются и в обычных условиях (то есть в газообразном и жидком состояниях, в растворах и расплавах), например, метилметакрилат, стирол, винилхлорид, так и мономеры (например, малеиновый ангидрид, стильбен и др.), которые, как правило, не способны давать индивидуальные полимеры (так называемые гомополимеры), а в сочетании

* Полимеризация — процесс получения высокомолекулярных веществ (полимеров), при котором макромолекула образуется путем последовательного присоединения низкомолекулярного вещества (мономера) к растущему активному центру. — *Ред.*

* Сополимеризация — совместная полимеризация двух или более индивидуальных низкомолекулярных веществ (мономеров) с образованием высокомолекулярного соединения (сополимера). — *Ред.*

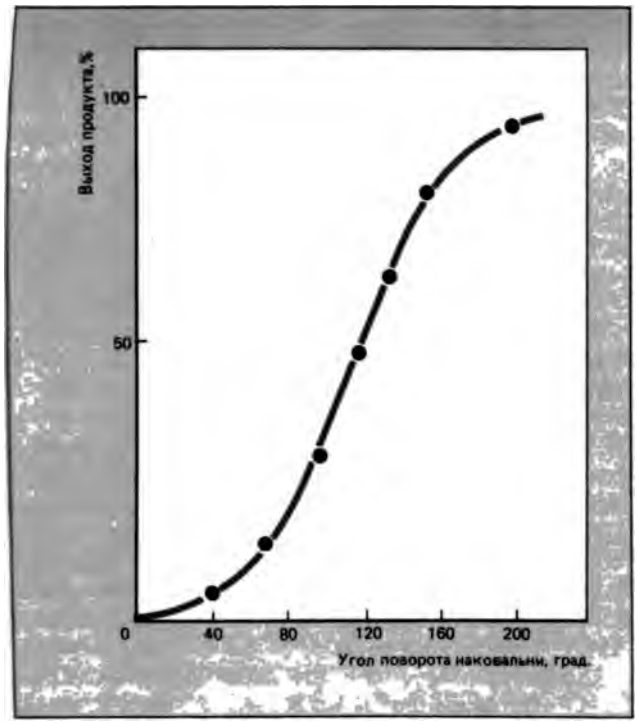


Рис. 1. Кинетическая кривая твердофазного превращения — зависимость количества получаемого полимера от угла поворота наковальни Бриджмена при температуре 20° С и давлении 20 кБар

с другими веществами образуют только сополимеры.

При твердофазных реакциях удается получить гомополимеры названных веществ. Кроме приведенного выше примера бензола реализуется полимеризация с раскрытием цикла таких соединений, как нафталин, антрацен и др.

5. Механизм твердофазной полимеризации может изменяться при варьировании внешнего давления. Так, из акриламида при 10—15 кБар образуются цепные углеродсодержащие (карбоцепные) молекулы, а при давлении 40—50 кБар NH-связь присоединяется к С—С-связи и возникает амидная группировка в основной цепи.

6. Расчеты и непосредственные измерения температуры образцов показали, что разогрев вещества при деформации на аппаратуре типа наковален Бриджмена незначителен и не может быть ответствен за высокую скорость химических реакций. При ВД + ДС либо вовсе не возникает локальных расплавленных зон мономера, либо это явление не вносит существенного вклада в химический процесс.

Наш перечень особенностей химических превращений в твердофазных процессах не исчерпывает всего их «своенравного» характера. Возникает мысль, что понятие «недозволенного» в рамках известных законов классической органической химии, открытых за последние два века, возможно, придется несколько откорректировать. И уже сегодня можно сделать общее и очень важное заключение: в твердых телах при воздействии высокого давления и сдвиговой деформации молекулы и атомы приобретают необычно высокую подвижность и способность активизироваться, без чего были бы невозможны экспериментально наблюдаемые сверхбыстрые реакции.

На высокую подвижность кинетических единиц указывают многочисленные явления, отмеченные при исследовании поведения как органических, так и неорганических веществ при ВД + ДС. Для иллюстрации приведем два примера. При обработке ВД + ДС двух порошкообразных твердых мономеров, например метилметакрилата и стирола, возникает полимерное соединение, а не простая смесь компонентов. Можно было бы ожидать, что при сополимеризации двух мономеров (что само по себе нетривиально для твердых тел) в макромолекулах получаемого вещества будут чередоваться блоки индивидуальных полимеров (полиметилметакрилата и полистирола) и образуется так называемый блоксополимер. Однако вопреки ожиданию этого не происходит; оказывается, что макромолекулы сополимера построены не из блоков молекул двух типов, а из группировок (звеньев) метилметакрилата и стирола, чередующихся хаотически, по случайному закону распределения. Получение такого, как принято говорить, статистического сополимера свидетельствует о высокой подвижности и перемешивании молекул двух исходных веществ при твердофазном процессе в поле механических сил.

В качестве другого примера можно назвать реакции металлов (олова, железа и т. д.) с порфиринами, графитом и другими веществами, имеющими двойные химические связи. Такие реакции проходят за очень короткое время с образованием металлокомплексных соединений.

Итак, твердофазные высокоскоростные химические реакции — вполне ощутимая реальность, и очень заманчиво на новом принципе создать ряд промышленных процессов.

Новая химическая технология позволит избавить промышленность синтеза от некоторых газо- и жидкофазных процессов (а это уже высокая производительность и компактность аппаратуры), исключить растворители, а стало быть, и необходимость их возврата в цикл как важнейшее мероприятие по охране окружающей среды и безопасности производственных процессов; наконец, получать материалы с уникальными характеристиками.

Уже сегодня ясно, что установки для новых технологических процессов целесообразно создать на базе роторных смесительных машин, работающих в периодическом режиме, и экструдеров непрерывного действия, широко используемых при получении и переработке пластмасс в

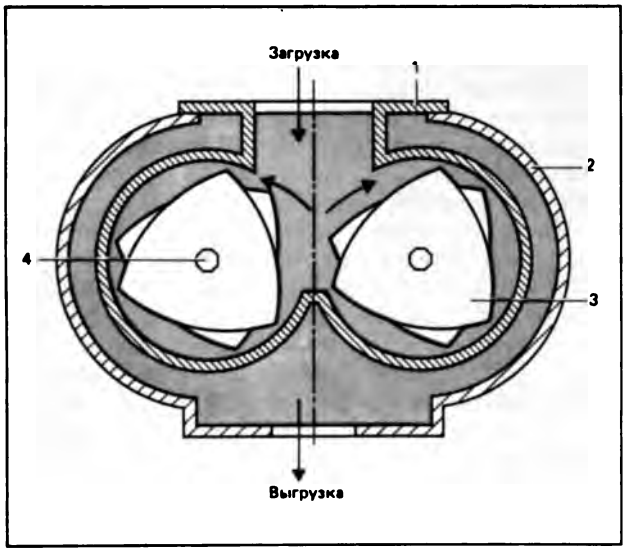


Рис. 2. Конструктивная схема двухвалкового смесителя Бенбери: 1 — корпус; 2 — охлаждающая рубашка; 3 — вращающийся кулачковый ротор; 4 — вал привода ротора

различные изделия. В качестве примера на рис. 2 показан так называемый смеситель Бенбери. Корпус установки снабжен охлаждающей рубашкой, два вращающихся ротора, собранных из треугольно-овальных кулачков, смонтированы на валах. При вращении валов-роторов навстречу друг другу исходный материал, загружаемый через верхнюю воронку, попадая в зазоры между кулачками, испытывает давление со сдвигом. Воздействие на материал можно варьировать, изменяя величину зазоров и частоту вращения рабочих элементов.

Экструдеры предназначены для непрерывного расплавления (пластикации) и выдавливания полимерных материалов через головки с формующими каналами заданного сечения. Устройство их таково: внутри обогреваемого корпуса в виде толстостенной гильзы расположен рабочий орган (поршень или, чаще всего, длинный винт — шнек). В этих машинах расплав сжимается рабочим органом и при сдвиговой деформации течет в формирующем инструменте. Здесь тоже осуществляется обработка материала ВД + ДС. Правда, обычные промышленные экструдеры работают при давлениях 0,1—0,5 кБар, но уже известны машины, создающие давление 1—2 кБар и даже больше. Не исключено, что в локальных зонах как роторных, так и экструзионных машин давления могут быть значительно повышены. Достаточно назвать экструдер, сконструированный специалистом ФРГ П. Энгелем, оснащенный камерой с узлом динамического действия, создающим в рабочей зоне давление 5—20 кБар. На таких установках вполне возможно опробовать промышленный твердофазный синтез. К тому же поршневой экструдер можно оснастить конической насадкой, в которой сама геометрия потока будет создавать ВД + ДС среды, подобно тому как это использовано Н. С. Ениколопяном с сотрудниками для твердофазной экструзии высокоориентированных материалов (к этому вопросу мы еще вернемся ниже). На повестке дня — реализация экструдера — реактора для синтеза полимеров в твердофазном процессе.

Твердофазное смешение материалов — интенсивный массоперенос

В большинстве случаев ценный комплекс свойств различных изделий и конструкций получают, используя не один материал, а их смеси. Достаточно назвать сплавы металлов, смеси полимеров, различные композиты, бетоны, керамику, чтобы оценить, какое важное место заняли смеси материалов в многообразной деятельности человека.

Общепринято, что приготовить высококачественную смесь легче из жидких веществ: когда низка вязкость материалов, они способны течь, ускорено взаимное проникновение компонентов друг в друга, и вещества совмещаются на молекулярном уровне. До недавнего времени это считалось технологическим правилом как для низкомолекулярных, так и для высокомолекулярных (полимерных) соединений. Металлы совмещают, смешивая их расплавы, а полимеры — в виде расплавов и растворов, одним словом, в жидких средах. Однако если металлы и другие низкомолекулярные вещества (соли, щелочи, кислоты) в большинстве случаев действительно удается совместить и получить устойчивые системы (нерасслаивающиеся при длительном хранении и эксплуатации), то с полимерами дело обстоит много хуже.

Для полимеров характерны огромные молекулы (называемые в силу большой молекулярной массы и длины макромолекулами), их число в единице объема невелико, и свободная энергия смешения оказывается мизерной. Поэтому гомополимеры, даже близкие по химическому строению, термодинамически несовместимы. К тому же большинство промышленно важных полимеров растворяются друг в друге в количестве только долей процента, причем повышение температуры может снизить взаимную растворимость многих полимеров. В силу этого практически во всем интервале составов смеси полимеров оказываются неоднородными, или гетерогенными, сохраняя свою двух- или многофазность.

Явление «сверхподвижности» в твердой фазе, реализуемое при высоких давлениях в сочетании со сдвиговой деформацией материалов, позво-

ляет по-новому подойти к принципу получения смесей различных веществ и термодинамике их совместимости. В самом деле, результаты осуществления различных твердофазных физико-химических процессов в наковальнях Бриджмена дают для этого все основания.

Макроскопические порошки двух металлов в условиях ВД + ДС образуют твердые растворы (железо — никель, никель — титан, железо — медь и т. д.), причем эти процессы протекают очень быстро — от нескольких секунд до десятков секунд в зависимости от природы и количества компонентов смесей. Обнаружен также эффект быстрого смешения ряда полимерных систем, таких, как полиэтилен высокой плотности с полиэтиленом низкой плотности, целлюлоза с полиэтиленом, поливинилхлорид с целлюлозой, полиэтилен с полипропиленом, полипропилен с синтетическим этилен-пропиленовым каучуком и др. Таким образом, при твердофазном пластическом течении совмещаются многие полимеры, относившиеся до сих пор к несовместимым. В этом случае смеси двух полимеров с большой скоростью гомогенизируются, и в твердой фазе образуется достаточно гомогенная система, обладающая одной-единственной (общей для смеси) температурой стеклования.

Такой метастабильный твердый раствор при обычных температурах может существовать практически неограниченно долго. Однако при нагреве выше температуры плавления, как это следует из термодинамики, вновь образуется гетерогенная (двухфазная) смесь с двумя значениями температуры стеклования. Это однозначно доказывает, что гомогенизация двух полимеров в твердой фазе при ВД + ДС — это чисто кинетический процесс и он не противоречит термодинамике смешения.

В серии работ Н. С. Ениколопяна с сотрудниками была исследована возможность гомогенизации смесей двух важнейших полиолефинов: полиэтилена и полипропилена. В результате получены однородные материалы, имеющие одну температуру стеклования, расположенную между температурами стеклования исходных компонентов.

Стабильность структуры полимерной смеси — одно из основных условий, обеспечивающих ее применение. В связи с этим представляет интерес разработка методов стабилизации неравновесной структуры смеси полимеров, полученной под высоким давлением. Повысить стабильность гомогенной смеси, полученной при твердофазном смешении в условиях ВД + ДС, можно, вводя в систему перед обработкой небольшое количество третьего компонента — твердого мономера. Полимеризация мономера, протекающая, как указывалось выше, при сдвиговой деформации, позволяет зафиксировать образующуюся неравновесную структуру и тем самым затрудняет гетерогенизацию (фазовое разделение) полимерной смеси при ее нагреве и даже проплавлении. Это было подтверждено на тройных системах типа полипропилен—полиэтилен—полиакриламид с содержанием последнего от 5 до 30%. Введение всего 5% акриламида позволяет получить тройную смесь полимеров, сохраняющую стабильность структуры даже после пятиминутного прогрева и расплавления при 220°С. Способность третьего компонента, полимеризуемого при ВД + ДС в смеси двух полимеров, препятствовать фазовому разделению систем, целесообразно использовать в будущем для получения материалов по твердофазной технологии.

Для объяснения описанных выше новых явлений необходимо допустить, что наряду с химическими процессами в веществе идет образование новых поверхностей. Энергомеханическая схема процесса состоит в том, что при воздействии ВД на материал в него «накачивается» значительная упругая энергия; при сдвиговой деформации запасенная материалом энергия высвобождается за счет образования новых поверхностей при дроблении вещества на мелкие частицы. К этому вопросу мы еще вернемся в разделе, посвященном измельчению материалов.

Твердофазная экструзия: перспективы получения изделий с теоретической прочностью

Экструзия (выдавливание) полимеров в твердом состоянии (при температурах ниже температуры плавления материала) — новый метод получения изделий с сильно вытянутыми (ориентированными) макромолекулами. При этом одновременно воздействуют на полимер высокое давление и сдвиговые напряжения. Получаемые высокоориентированные изделия обладают повышенной жесткостью и прочностью. Установки для их изготовления делают в виде усеченного конуса, как это показано на рис. 3. Полимер или смесь полимеров загружают в толстостенную камеру («бомбу») и с помощью поршия продавливают через формующий инструмент (насадку) в виде нитей, жгутов, трубок, профилей в зависимости от формы поперечного сечения насадки. Перерабатываемый материал подвергается давлению поршня P и сдвиговой деформации, величина которой определяется соотношением площадей поперечного сечения «бомбы» и насадки (S_1/S_2).

Целенаправленный выбор полимеров с оптимальными молекулярными массами позволил Н. С. Ениколопяну, В. А. Жорину, Э. В. Пруту, В. Г. Никольскому и другим при твердофазной экструзии и вытяжке смесей полимеров получить волокна, показатели механических свойств которых приближаются к теоретическим величинам. Так, из смеси двух полиэтиленов высокой

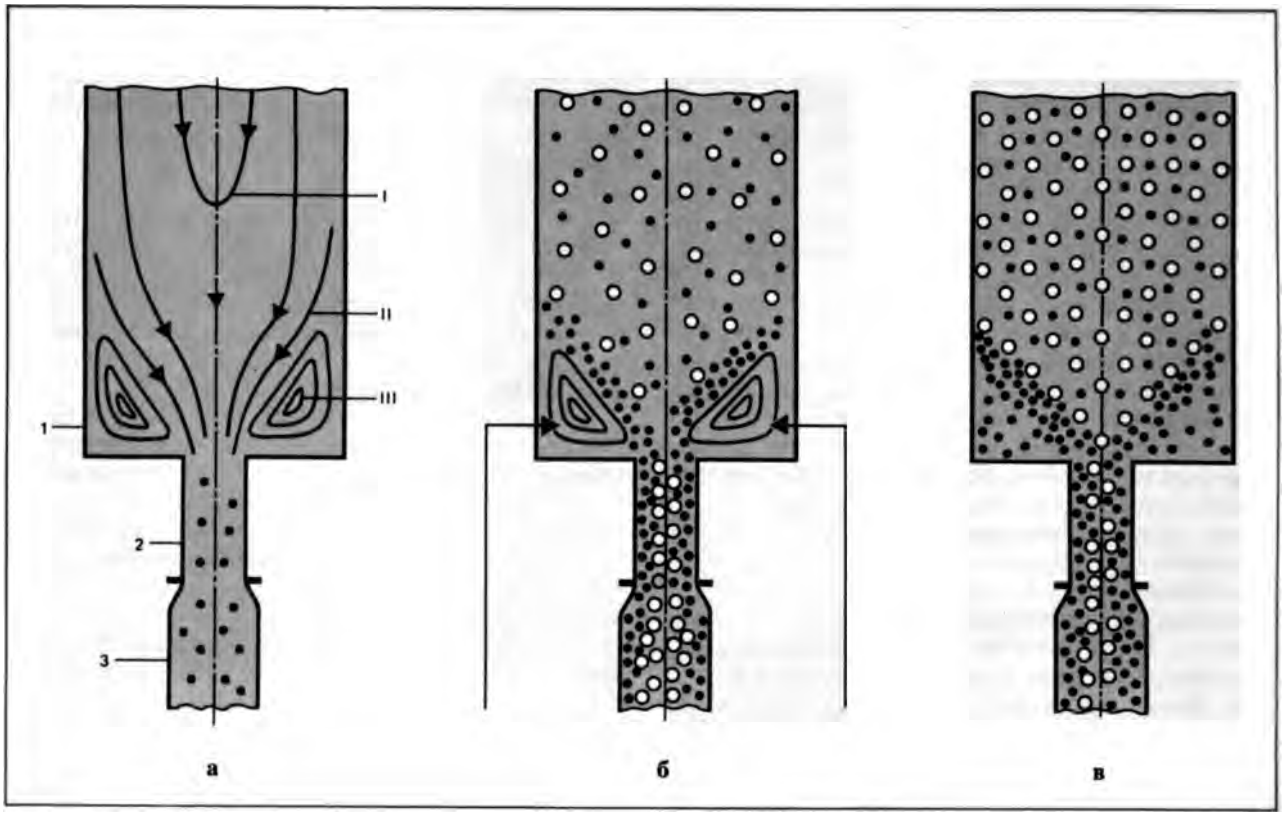


Рис. 3 (внизу). Схема установки для твердофазного выдавливания (экструзии) полимеров: 1 — полимерный материал; 2 — рабочий цилиндр («бомба») с площадью поперечного сечения S_1; 3 — поршень; 4 — формующий канал (насадка) с площадью поперечного сечения S_2.
Степень вытяжки полимера определяется величиной S_1/S_2

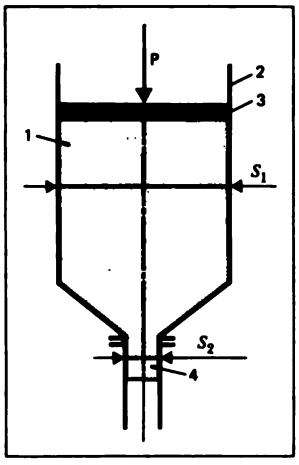


Рис. 4 (вверху). Схематическое изображение потока полимера и возникновения двухслойного течения: 1 — резервуар («бомба»); 2 — формующий канал (капилляр); 3 — выходящая из канала струя полимера:
а — линии тока материала образуют «заходный» конус при входе в капилляр; при этом по оси экструзии 1 возникают максимальные растягивающие напряжения в материале, а по линии II (на поверхности заходного конуса) — максимальные касательные напряжения; в «мертвых» зонах (III) материал не обновляется, а циркулирует по замкнутым траекториям; б — в пространство «мертвых» зон принудительно введен (подкачан насосом) маловязкий расплав полимера, который в виде тонкой пленки увлекается основным потоком по линиям максимальных напряжений сдвига II; при этом основной стержень материала (крупные кружки) «одевается» в наружную оболочку (мелкие кружки) и возникает двухслойный поток; в — маловязкий компонент (мелкие кружки) предварительно заменен в основной полимер (крупные кружки) и при экструзии отжимается из смеси к «мертвой» зоне и стенкам формующего канала; при этом возникает «автодвухслойное» течение

плотности обычного с молекулярной массой (ММ) $6{,}7 \cdot 10^4$ и «сверхвысокомолекулярного» (с ММ $= 2 \cdot 10^6$) — экструдированы волокна с модулем упругости при растяжении 222 ГПа, что составляет ~ 92% от теоретического значения модуля для кристаллической решетки полиэтилена.

Существенно влияют на структуру и свойства изделий основные параметры экструзии — давление, температура и др. Поэтому важно было изучить и описать динамику процесса в двух основных режимах: при постоянной скорости перемещения поршня и при постоянном давлении.

Расчеты и эксперименты показали, что давление экструзии зависит от величины трения на границе раздела формующий инструмент — твердый полимер.

Сейчас можно предложить два пути резкого снижения граничного трения и, следовательно, энергозатрат при твердофазной экструзии. Во-первых, эффективно покрытие внутренней поверхности формующего инструмента фторсодержащим пол
можно испо
промеж

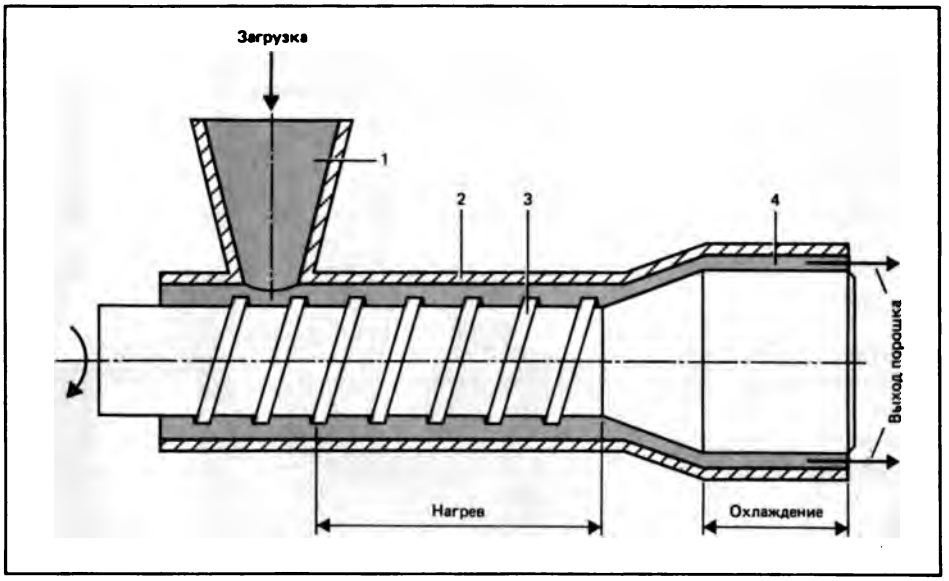


Рис. 5. Принципиальная схема экструзионного измельчителя: 1 — загрузочный бункер; 2 — корпус; 3 — основной рабочий орган — шнек с винтовой нарезкой; 4 — роторная измельчительная головка

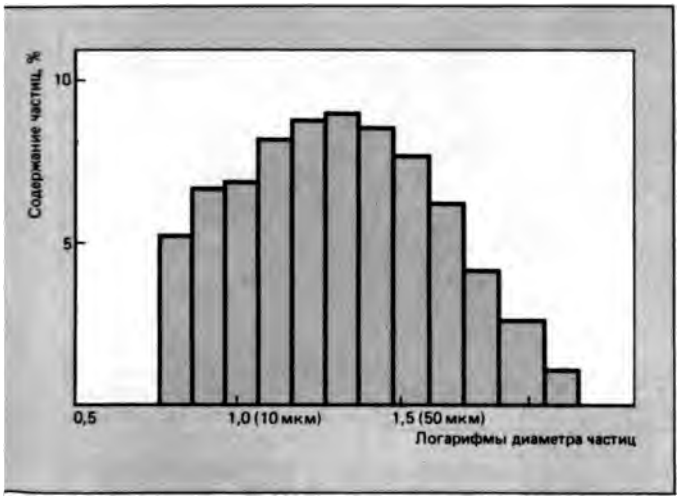


Рис. 6. Диаграмма распределения по размерам частиц порошкообразного полиэтилена низкой плотности, полученного при измельчении в одношнековом экструдере при температуре головки 96°С. Основная доля порошка приходится на частицы с размерами в пределах 10—50 мкм, средний (эффективный) размер частиц ~ 20 мкм

формующим каналом и перерабатываемым полимером.

В последние годы научно обоснованы и стали развиваться другие направления: использование высокочастотных вибраций формующего инструмента и создание так называемого стратифицированного течения полимеров. Первый метод основан на том, что наложение сдвиговых малоамплитудных вибраций ультразвуковой частоты ($\sim 2 \cdot 10^4$ Гц) на формующий инструмент снижает трение практически до нуля. Открываются возможности интенсификации твердофазной экструзии и получения изделий с комплексом высоких физико-механических показателей.

Стратифицированное (послойное) течение лежит в основе получения двух- и многослойных полимерных листов, пленок, нитей и волокон. При этом, как правило, используют две экструзионные машины, нагнетающие (соэкструдирующие) расплавы двух или более полимеров в одну общую формующую головку с каналами плоского, круглого или кольцевого сечения. К настоящему времени теоретические основы и методы расчета соэкструзии разработаны достаточно подробно в трудах американских ученых Д. Уайта (*White*), А. Эвериджа (*Everage*), Ч.-Д. Хана (*Han*) с сотрудниками и советских специалистов М. Л. Фридмана, А. Я. Малкина, К. Д. Вачагина, Н. В. Тябина. В работах М. Л. Фридмана предложено использовать двухслойное (двухфазное) течение для интенсификации формования высоковязких полимерных систем (например, таких, как полиэтилены с ММ $\geqslant 10^6$ и высоконаполненные композиционные материалы). При этом в формующем канале экструзионной головки создается двухслойное течение вещества: слой дополнительного маловязкого компонента толщиной 100—300 мкм прилегает к стенкам канала, а высоковязкая сердцевина образуется основным материалом. Такая геометрия потока может обеспечиваться различными приемами, поясняемыми на рис. 4 (а,б) и 12.

Многочисленные эксперименты подтверждают, что при экструзии в зоне входа в канал большинство полимеров образуют конические линии тока («заходный конус») и «мертвые зоны» в углах резервуара, как это схематически показано на рис. 4а. Если в пространство «мертвых зон» принудительно подавать (подкачивать насосом) маловязкую жидкость, например, расплав низкомолекулярного полимера или олигомер, то он в виде тонкой пленки будет увлекаться основным потоком по линиям максимальных напряжений сдвига II и «оденет» основной стержень материала в наружную оболочку. В результате возникнет двухслойный поток (рис. 4 б).

Возможен еще один путь (рис. 4 в) — ввести маловязкое вещество непосредственно в перерабатываемый полимерный материал. При достаточно высоких скоростях продавливания этот

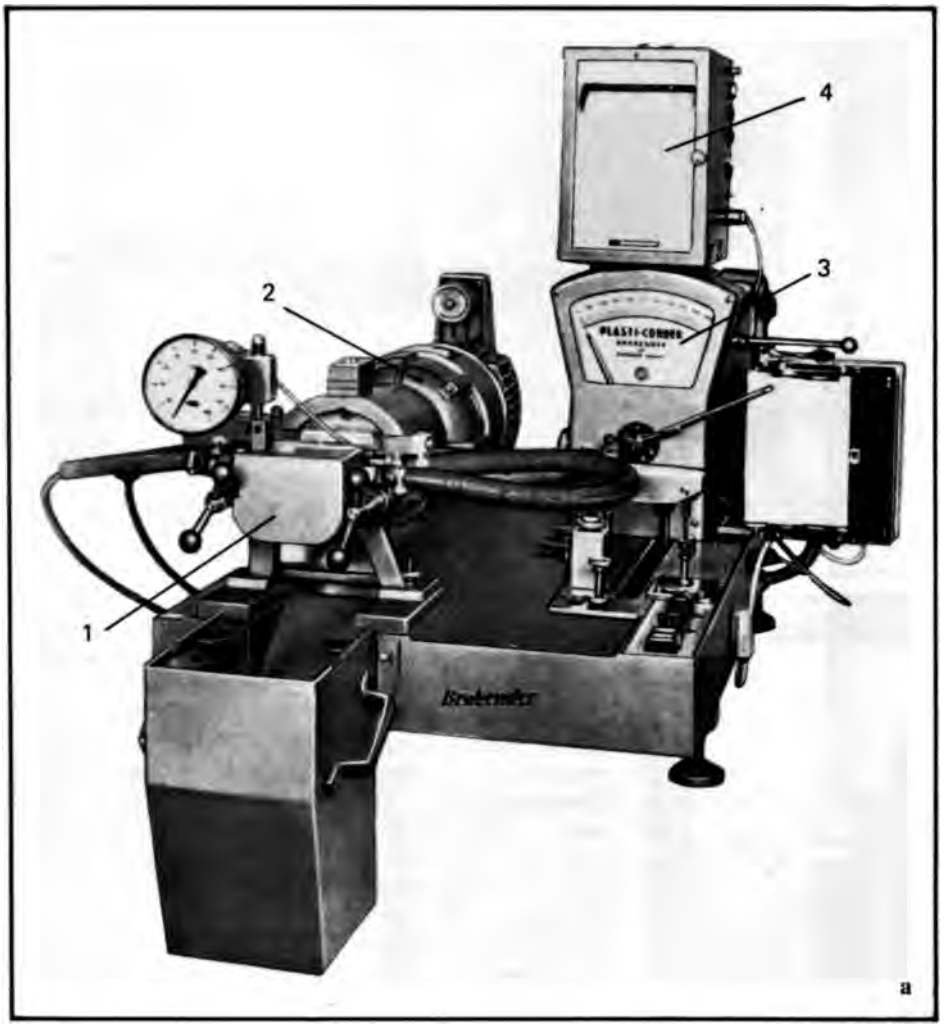


Рис. 7. Общий вид установки фирмы «Брабендер» (ФРГ) (а), рабочая камера с фасонным штоком и грузом (б) и схема включения камеры для опытов по упруго-деформационному измельчению полимеров (в): 1 — рабочая камера с двумя роторными валами; 2 — привод вращающихся роторов; 3 — динамометрические весы — измеритель момента вращения роторов; 4 — самопишущий регистратор величины момента; 5 — груз; 6 — фасонный шток; 7 — точечная термопара.

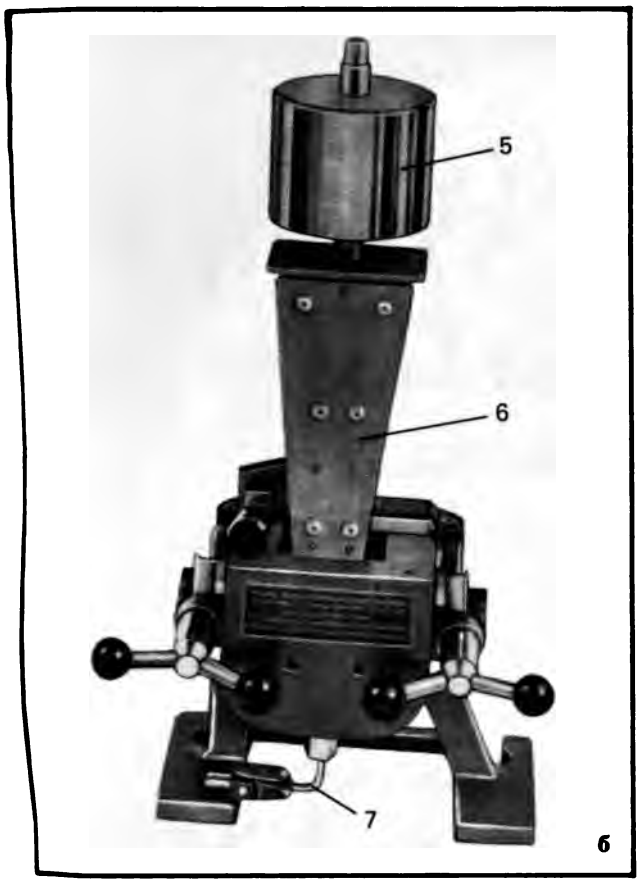
компонент отжимается к стенкам формующего канала и возникает двухфазное течение, которое может быть названо «автодвухслойным», так как в этом случае нет нужды принудительно подавать маловязкую жидкость извне. Именно по методу «автодвухслойного» течения авторам настоящей статьи впервые удалось на стандартном промышленном оборудовании получить различные изделия из сверхвысоковязких полимерных композиционных материалов, наполненных туфом, кальцитом, мелом и другими минеральными веществами непосредственно в процессе синтеза полимеров. Такие композиты, называемые в СССР норпластами, содержат частицы указанных минеральных наполнителей, капсулированные в оболочке полимера, обладающего высокой молекулярной массой (от $3 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^6$).

В силу высокой вязкости переработка норпластов в изделия сопряжена с известными трудностями, что сдерживает их внедрение в промышленность. Добавка низкомолекулярного полиэтилена, отжимающегося при экструзии норпласта, позволяет за счет возникающего двухслойного течения получить высококачественные изделия, состоящие из «стержня» норпласта и практически ненаполненной наружной «оболочки».

Новые процессы измельчения материалов

Масштабы использования процессов измельчения и их значимость для человечества огромны. Помол зерна в муку, дробление угля и сланцев для топлива, измельчение полезных ископаемых, горных пород для стройматериалов, подготовка сырья для традиционной и порошковой металлургии — вот далеко не полный перечень направлений применения измельчительной техники в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве. Большое значение имеет измельчение и в индустрии полимеров.

В известных до настоящего времени измельчающих машинах используются два механичес-

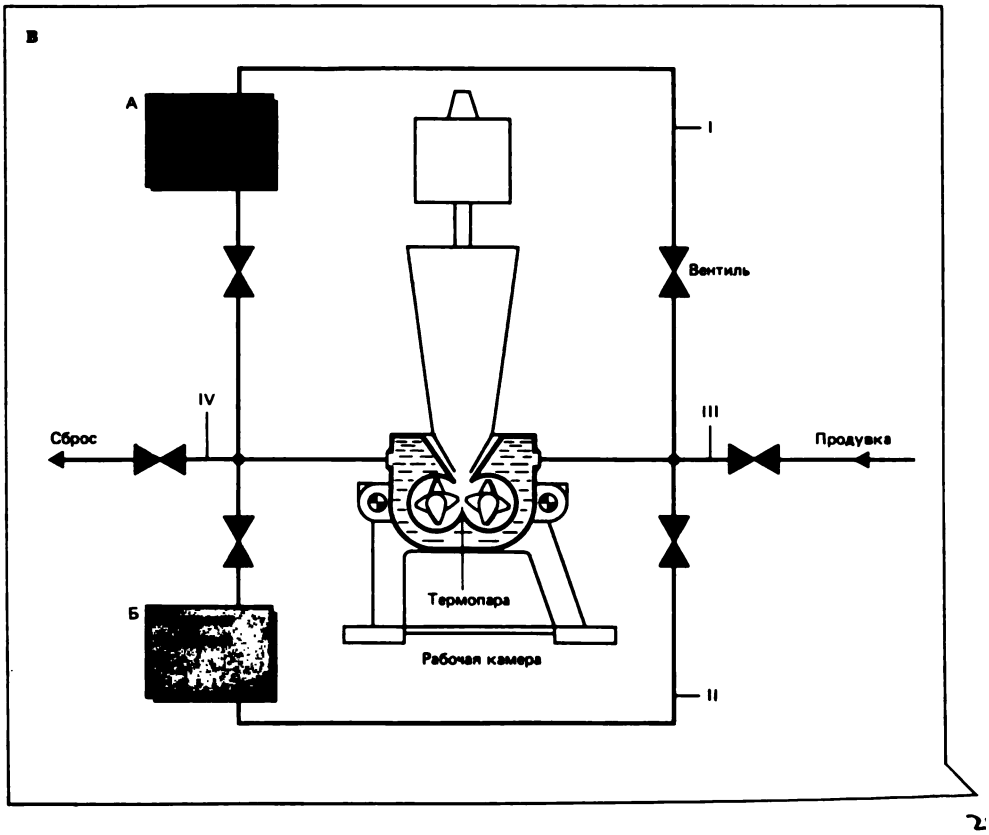


ких принципа — ударное воздействие, приводящее к разрушению (для достаточно твердых и хрупких материалов, таких, как кристаллические тела и стекла), и резание (для относительно мягких и пластичных тел). Коэффициент полезного действия большинства дробильных машин и измельчителей не превышает 1%, и основная доля энергии их привода переходит в тепло.

Понятно, что прогресс технологии измельчения материалов сулит значительную энергетическую и экономическую выгоду.

В последнее время группой исследователей под руководством Н. С. Ениколопяна предложен и реализован новый принцип измельченния, основанный на упруго-деформационных воздействиях при ВД+ДС (его часто называют экструзионным). Процесс сравнительно просто осуществляется в одно- и двухшнековых экструдерах, роторных и валковых машинах различной конструкции.

На рис. 5 дана принципиальная схема измельчителя экструзионного типа. Исходное сырье, загружаемое в виде кусков, гранул, крошки, лент, волокнистых материалов, захватывается и продвигается шнеком по корпусу, сжимается и разогревается до температуры вязкотекучего состояния, а затем в головке охлаждается до температуры ниже температуры размягчения и измельчается. Из головки выходит



Рабочая камера с двумя вращающимися навстречу друг другу роторами имеет рубашку, включенную в двухконтурную схему: во контуру I циркулирует теплоноситель (силиконовая жидкость), нагреваемый термостатом А; по контуру II — охлаждающий агент (холодная силиконовая жидкость, вода или жидкий азот) от термостата Б. По линии III осуществляется продувка рубашки камеры от горячего теплоносителя, сбрасываемого по линии IV

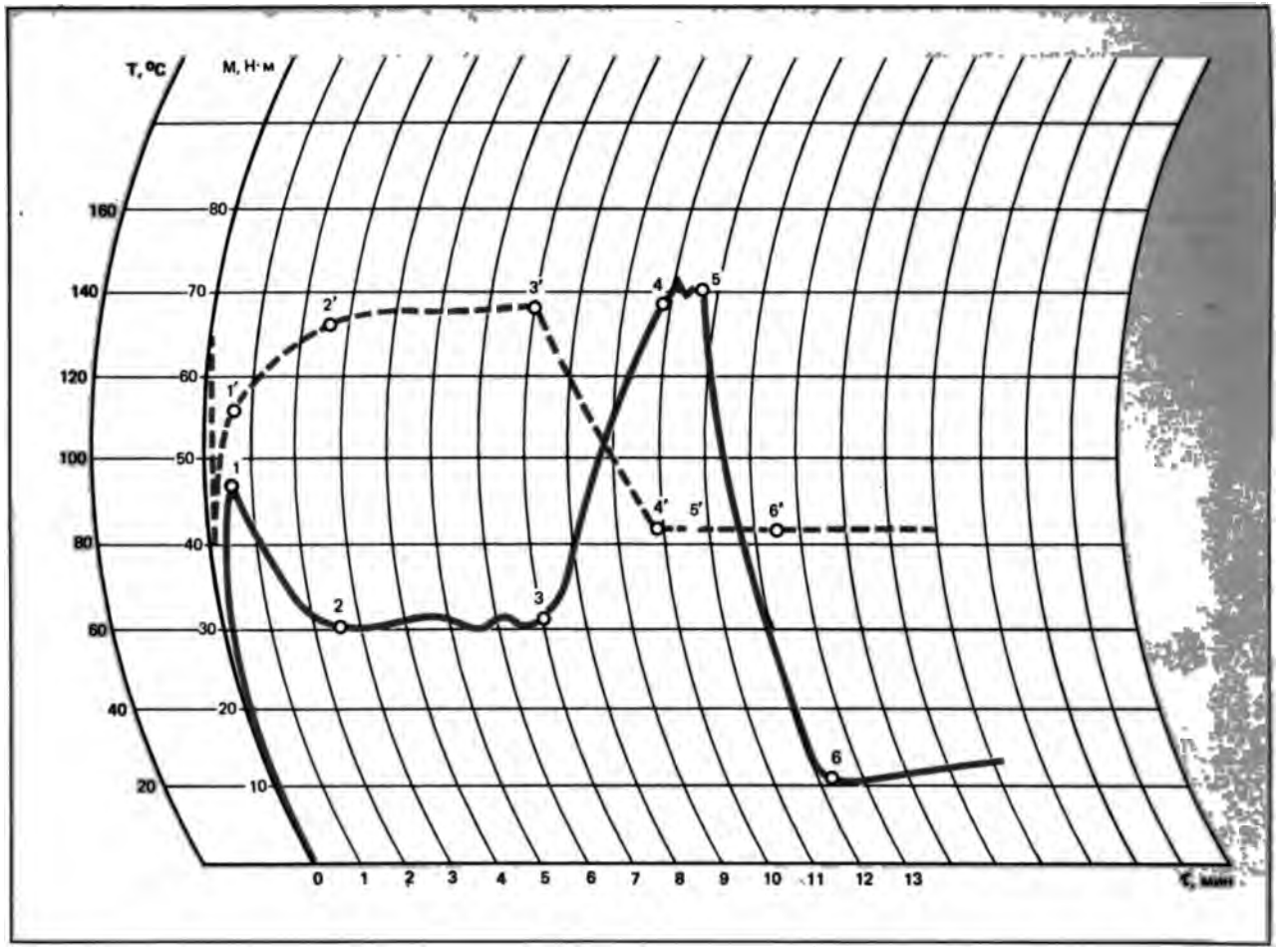


Рис. 8. Изменение момента *(M)* вращения на валу роторов (сплошная линия) и температуры *(T)* массы (пунктирная линия) во времени (τ) в опытах по упруго-деформационному измельчению полиэтилена низкой плотности в камере пластографа «Брабендер». До точки (т.) 3 камера работает в режиме нагрева, после т. 3 — в режиме охлаждения. При загрузке полимера (участки кривых 0—1 и 0—1′) камера несколько охлаждается, сопротивление вращению роторов возрастает, затем полимер нагревается и последовательно переходит в высокоэластическое (резиноподобное) и вязкотекучее состояние в т. 1 и 1′; на участке 1—2 вязкость материала снижается, а температура растет (1′—2′), в т. 2 заканчивается полное плавление всей массы; на участках 2—3 (2′—3′) роторы вращаются в расплаве с постоянной вязкостью, температура массы меняется незначительно (~140° С); в т. 3 начинается резкое охлаждение камеры (3′—4′), сопровождающееся быстрым возрастанием вязкости системы и момента на роторах (участок 3—4); в т. 4 — начало образования порошка полиэтилена, на участке 4—5 величина M колеблется; основная стадия «дробления» материала сопровождается резким падением момента вращения роторов на участке 5—6 при практически постоянной температуре массы

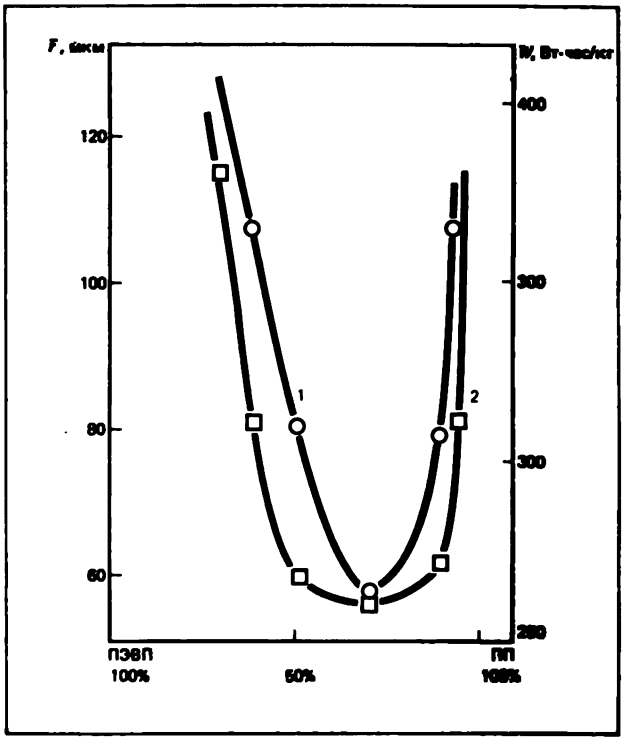


Рис. 9. Изменение усредненного размера частиц ($\bar{r}$) получаемого порошка (1) и удельных энергозатрат *(W)* при измельчении (2) в зависимости от состава смеси двух неизмельчающихся вооднвочке термопластов (группы B_{∞}) — полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) и полипропилена (ПП)

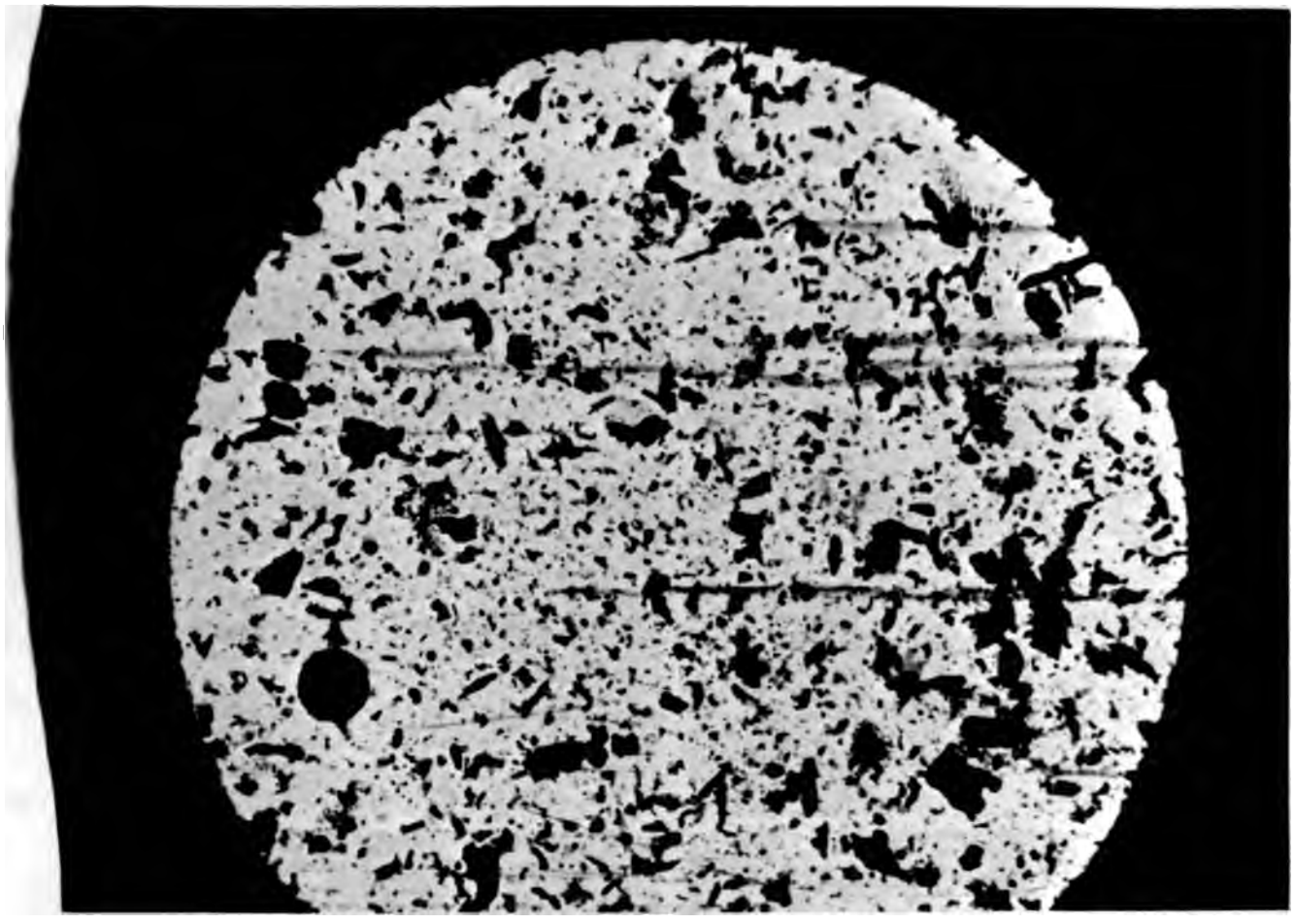


Рис. 10. Фотография материала, полученного упруго-деформационным измельчением в экструдере смеси из полиэтилена низкой плотности и медной фольги. Увеличение х280

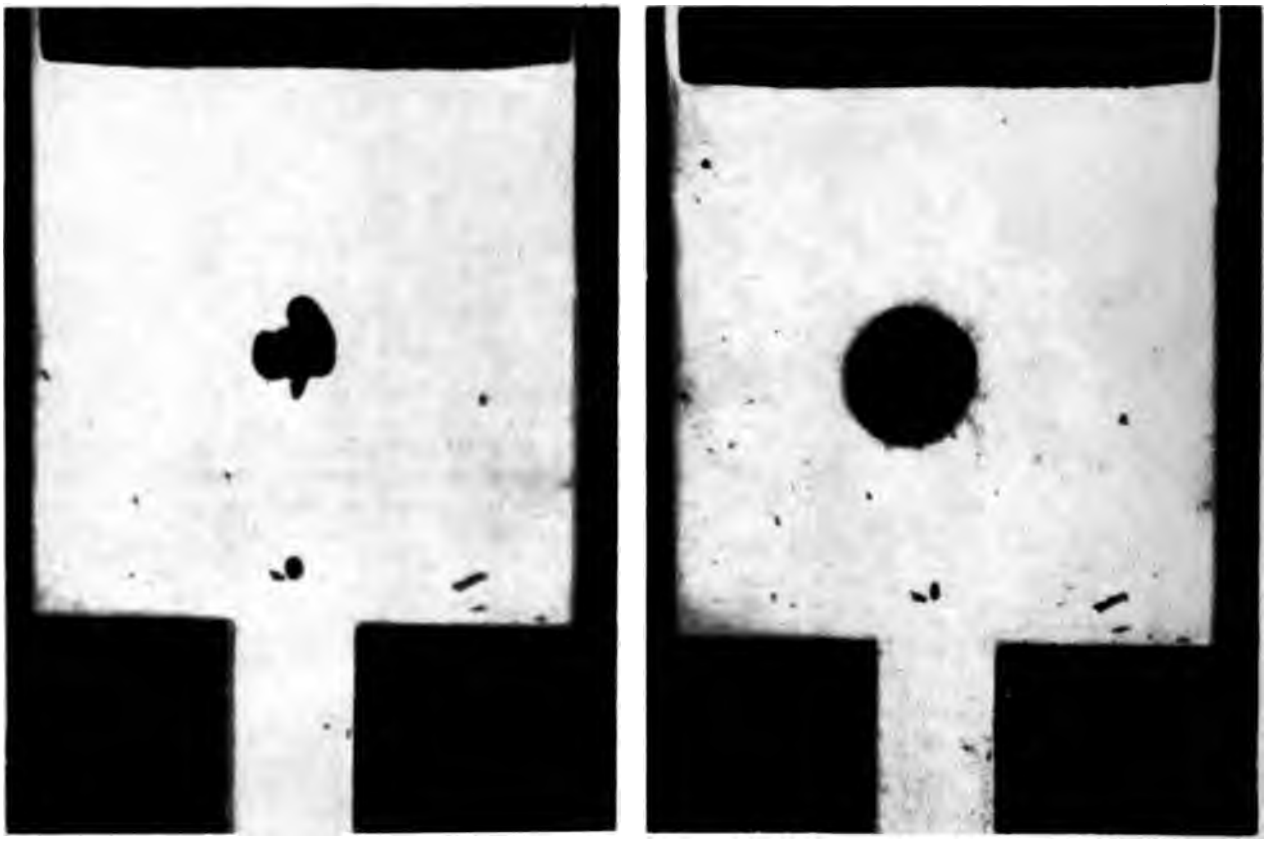
уже мелкодисперсный порошок («мука»). Варьирование частоты вращения шнека, температуры по участкам машины, а также других параметров позволяет оптимизировать процесс для различных материалов и регулировать дисперсность получаемых порошков.

Н. С. Ениколопяном, В. Г. Никольским, А. Ю. Кармиловым, А. И. Непомнящим и другими были проведены экспериментальные и опытно-промышленные работы по измельчению ряда термопластичных полимеров, термореактивных смол, каучуков, резин, древесины, зерна, целлюлозосодержащих и других сильно отличающихся по природе и свойствам важных материалов. В зависимости от конструктивных особенностей машин, режимов экструзии, вида обрабатываемого материала удалось получить порошкообразные вещества с размером частиц в пределах 5—600 мкм. На рис. 6 в качестве примера показано распределение частиц порошка по диаметрам.

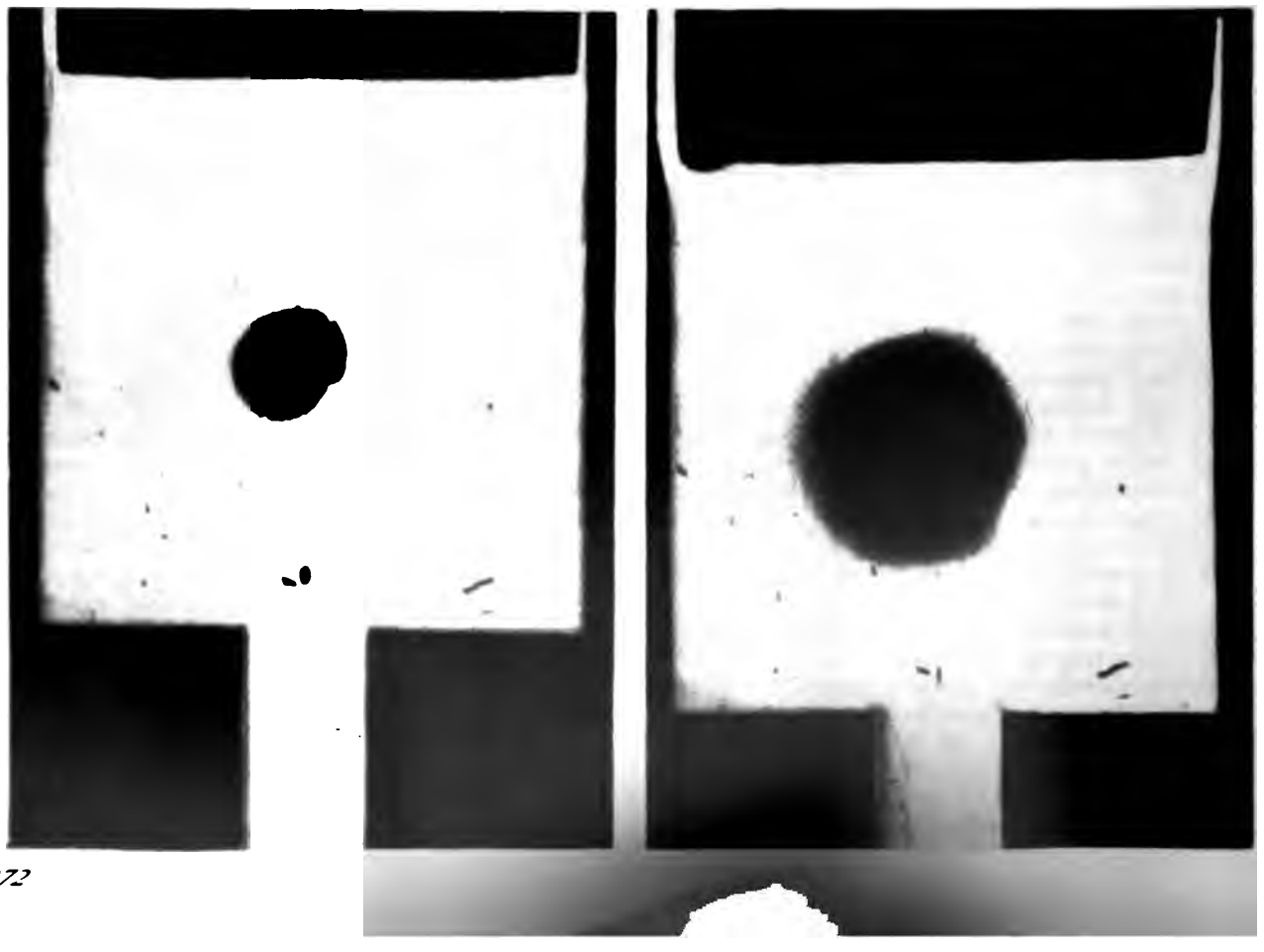
Кратко опишем выявленные к настоящему времени особенности и возможности нового метода измельчения.

1. Эксперименты на модельных и промышленных полимерных материалах показали, что процесс измельчения не идет последовательно (когда материал дробится или истирается до частиц все меньших размеров), а осуществляется резко, в ограниченном пространственном (на участке головки) и временно́м промежутке; практически все частицы материала одновременно образуются в рабочем зазоре роторной головки. Такой спонтанный (лавинообразный) характер позволяет предположить разветвленно-цепной механизм возникновения и роста микротрещин в материале как очагов его разрушения. Представим себе схему этого процесса. Под воздействием механического поля структурные элементы вещества интенсивно поглощают подводимую энергию. Наконец, происходит так называемый реологический взрыв — мгновенное разрушение твердого материала, испытывающего сильное сжатие и кручение. При этом образец с большой скоростью дробится на мелкие частицы, поэтому процесс измельчения не растянут по времени.

Можно предположить, что при образовании



а



б

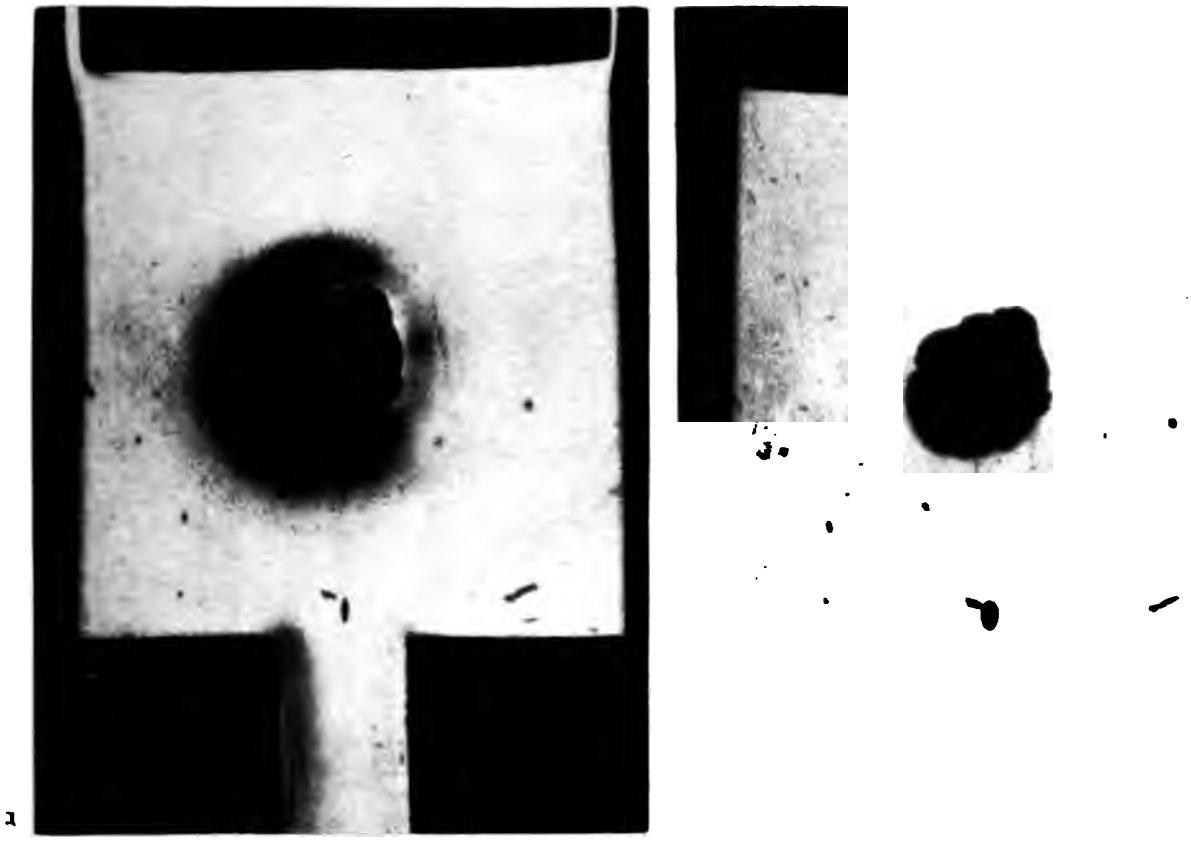


Рис. 11. Возбуждение акустической кавитации в высок кой системе (в расплаве полибутадиена). Для локализа ции кавитационных полостей (пузырьков) в жидкость щен в качестве источника зародышей кавитации кусоч пористой резины. При включении ультразвукового из чателя вокруг источника зародышей растет ансамбль («облако») кавитационных пузырьков (снимки а—г), к рассасываются после выключения излучателя (д—ж)

начальной поверхности освобождается эн расходующаяся на возникновение следу которая, в свою очередь, способствует фор ванию новой поверхности и т. д. Проис лавинообразное разрушение, то есть п становится разветвленно-цепным.

Такой лавинообразный механизм изм ния подтверждают и результаты измерени фракций получаемого порошка. Известн при хрупком разрушении материалов, нап в шаровых мельницах, когда последовате течением времени уменьшаются размеры среды, соответственно этому снижаются ния ММ полимера в них. Эксперимент установлено, что при экструзионном изм нии (под действием ВД+ДС) ММ поли образующихся частицах оказывается п чески одинаковой независимо от их раз Это возможно, если принять, что частицы зуются одновременно, а не одна из друг последовательном разрушении.

2. Очень важны энергетические возмо

процесса. Напомним, что мы говорили о несовершенстве существующих измельчительных машин: они практически вхолостую расходуют энергию. Каковы же энергозатраты нового метода?

Для их оценки авторами был осуществлен процесс упруго-деформационного измельчения в лабораторной камере с двумя вращающимися навстречу друг другу валами-роторами (рис. 7). Камера объемом 100 $см^3$ оснащена фасонной крышкой с грузом, устройством для нагрева и охлаждения камеры, измерителем момента вращения валов и термопарой для фиксации температуры обрабатываемой массы.

Предварительно нагретую до 140°С камеру загружали полиэтиленом низкой плотности в виде гранул размером 3—5 мм, закрывали крышкой, устанавливали на нее груз и приводили во вращение с постоянной скоростью роторы. После расплавления полимера камеру переключали на режим охлаждения, для чего «рубашку» корпуса продували от остатков теплоносителя и в нее подавали охлаждающий агент. Самопишущая аппаратура постоянно фиксировала изменение момента вращения роторов *(M)* и температуры массы (*T*) во времени (τ). На рис. 8 представлены графики зависимостей $M(\tau)$ и $T(\tau)$ для полиэтилена при постоянной частоте вращения роторов 60 $мин^{-1}$. По этим графикам можно проследить за основными стадиями процесса.

Эксперименты подтверждают достаточно резкое (нерастянутое по времени) образование порошка из полиэтилена. Энергозатраты на измельчение можно вычислить по площади под кривой на участках 3—4—5—6. Такая обработка данных приводит к очень низким цифрам порядка 0,8—1 кВт·ч на 1 т порошкообразного продукта. Если провести теоретическую оценку работы разрушения химических связей в полиэтилене, исходя из среднего размера образующихся частиц ~ 20 мкм, то получаются величины такого же порядка и еще меньше. Поэтому упруго-деформационный принцип измельчения может служить основой для создания энергосберегающих машин и технологий со значительно более высоким КПД.

3. Процесс экструзионного измельчения зависит от многих условий, в первую очередь давления, температуры, величины и скорости сдвиговой деформации. Установлено, что при измельчении многих материалов можно получить порошки сравнительно тонкого помола, однако существует большая группа материалов, дающих грубые порошки или совсем не измельчающиеся

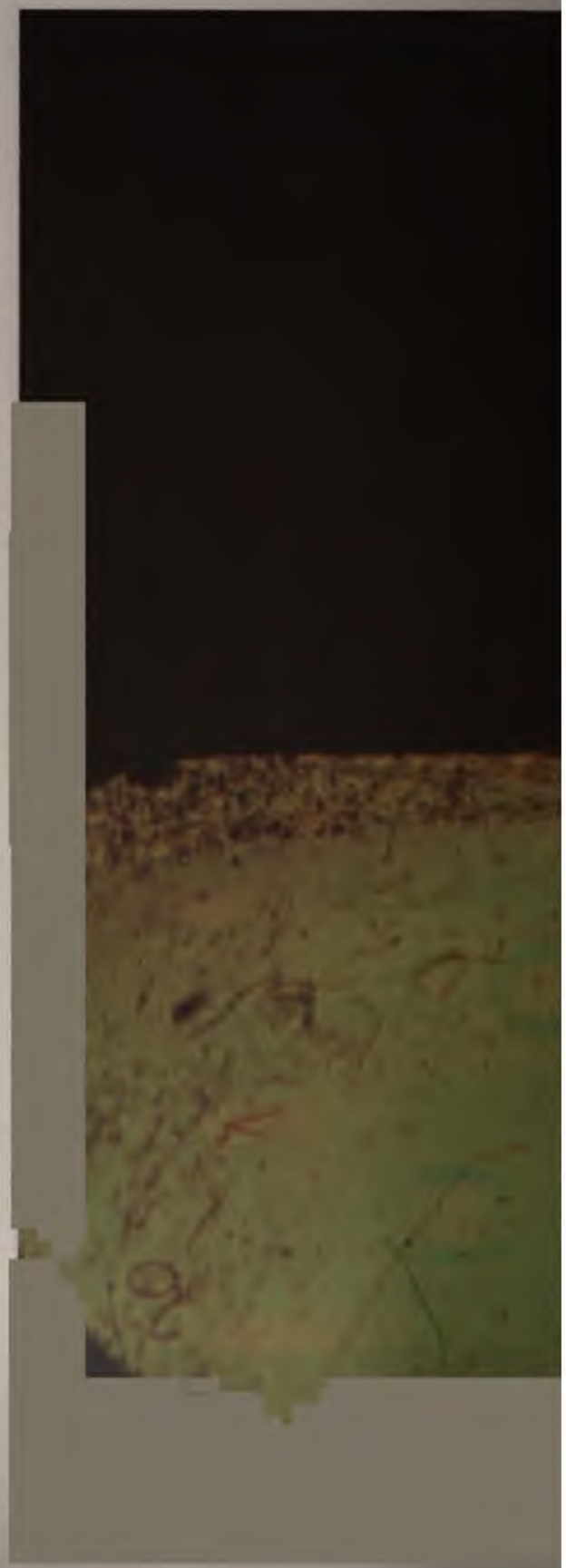


Рис. 12. Картина течения расплава полимера из широкого резервуара в узкий канал-капилляр (в поляризованном свете). Интерференционные полосы соответствуют определенным значениям в направлениям напряжений сдвига в жидкости. В углах резервуара видны застойные («мертвые») зоны

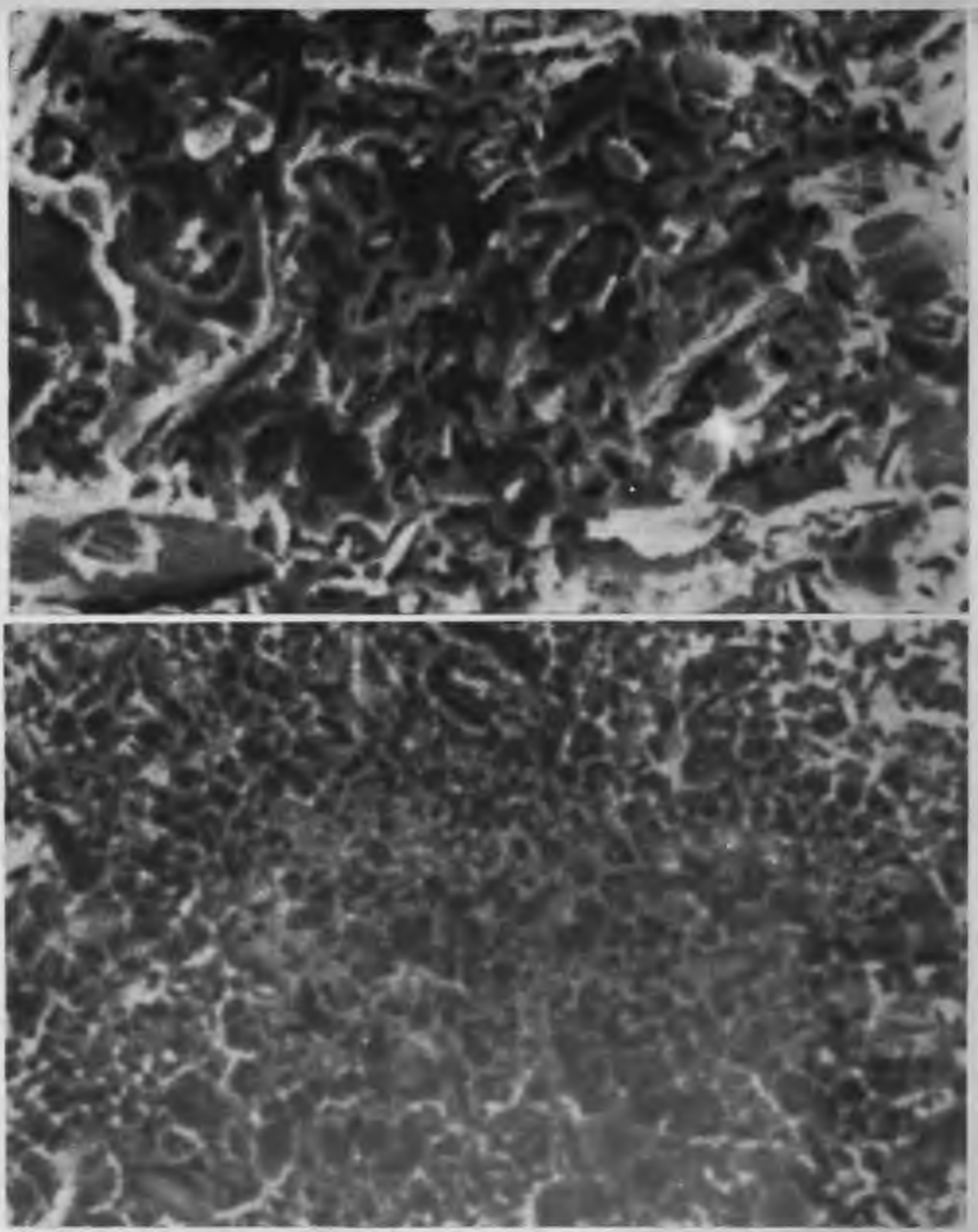


Рис. 15. Фотографии полиэтилена, наполненного минеральными наполнителями, до акустической обработки (верхние снимки) и после «озвучивания» расплава в режиме акустической кавитации (нижние снимки). В качестве наполнителя использованы перлит (слева, увеличение х5500) и стеклосферы (справа, увеличение х225)

вторых, результаты исследований полученных порошковых материалов современными методами анализа (оптическая, ультразвуковая, электронная микроскопия, рентгенография) однозначно свидетельствуют, что упруго-деформационное измельчение сопровождается достаточно высокой гомогенизацией перерабатываемых смесей, как правило, недостижимой на современном смесительном оборудовании. Пример тому — соизмельчение полиэтилена и целлюлозы; пленки, полученные из такой смеси, имеют очень высокую прозрачность по сравнению с мутными пленками из того же материала, смешанного по обычной технологии. Можно полагать, что упруго-деформационное измельчение целесообразно не только для получения порошка, но и как одна из важнейших стадий при создании композиционных материалов, позволяющая совмещать операции измельчения и смешения.

Кавитация и суперкавитация полимерных тел

Результаты изучения физико-химических эффектов в твердой фазе, кратко описанные выше, подтверждают, что концепция использования интенсивных механических воздействий на вещества, например полимеры, носит общий характер. На это, в частности, указывает то, что подобно давлению со сдвигом воздействует циклическая деформация среды, то есть ее вибрационная обработка.

Одно из самых интересных явлений, возникающих при циклических воздействиях, — кавитация. Под кавитацией в физике понимают разрыв (нарушение сплошности) среды с образованием замкнутых полостей — пузырьков или каверн.

Явление кавитации жидкости, теоретически предсказанное английским ученым О. Рейнольдсом (*Rheynolds*) в 1873 г., было впервые обнаружено при испытаниях эскадренного миноносца английского флота в 1893 г. Скорость корабля оказалась значительно ниже предполагавшейся, что было вызвано ухудшением характеристик гребного винта вследствие возникновения пузырьков пара на его лопастях. С аналогичными трудностями пришлось многократно сталкиваться и позже при изготовлении судовых винтов. Оказалось, что высокоскоростное движение лопастей снижает давление в жидкости, вызывает парообразование и выделение воздуха, то есть своеобразное закипание жидкости при нормальной температуре и пониженном давлении. Образованию пузырьков способствует растворенный в воде воздух, который выделяется в отдельную фазу при уменьшении давления.

Хотя нельзя считать, что кавитация уже изучена полностью, все же удалось установить многие ее закономерности: «правила» формирования, роста пузырьков и их исчезновения (схлопывания, или коллапса), роль растворенных в жидкости газов, влияние пузырьков на характер течения жидкости и т. д. В текущей жидкости в точках наибольшей скорости, где давления наименьшие, возникают кавитационные полости — каверны, которые затем, попадая в области низких скоростей и высоких давлений, схлопываются и разрушаются. Таким образом, непрерывно образуются и схлопываются пузырьки, в результате чего увеличиваются размеры каверны, которая наблюдателем воспринимается как постоянная (стационарная).

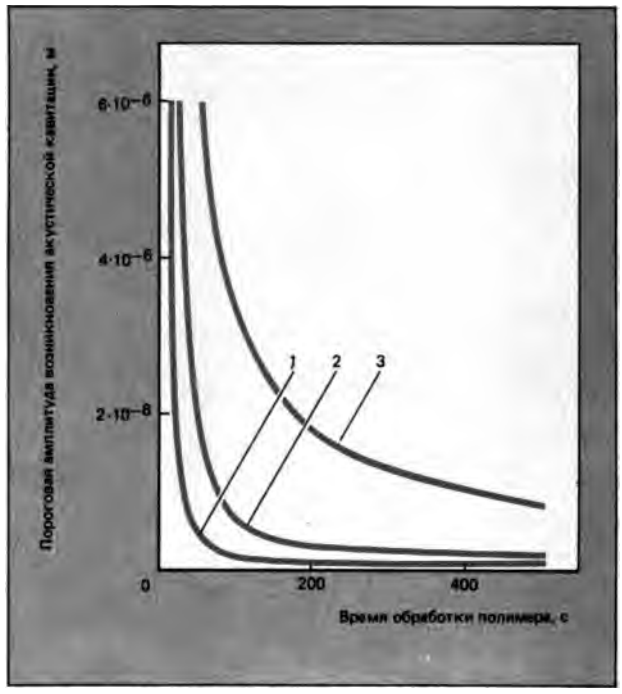


Рис. 14. Зависимость пороговой амплитуды акустических колебаний от времени обработки трех образцов полибутадиена с различными молекулярными массами: 1 — $1{,}6 \cdot 10^5$; 2 — $3{,}5 \cdot 10^5$; 3 — $5{,}3 \cdot 10^5$

Кавитация сопровождается и другими физическими эффектами. Так, в момент схлопывания в течение 0,05—0,001 с наблюдается слабое свечение пузырька, одной из причин которого может быть нагревание в нем газа, обусловленное высокими давлениями при схлопывании. Световое излучение пузырька очень слабо и видимо только при усилении или в полной темноте.

Схлопывание пузырьков и каверн длится всего милли- или даже микросекунды, но поскольку в полостях возникают высокие давления и температуры, этого времени вполне достаточно, чтобы вызвать такие нежелательные вторичные эффекты, как эрозия деталей гребных винтов, насосов, турбин, снижение их КПД и др. В последнее время найдены и развиваются направления, в которых кавитация играет поло-

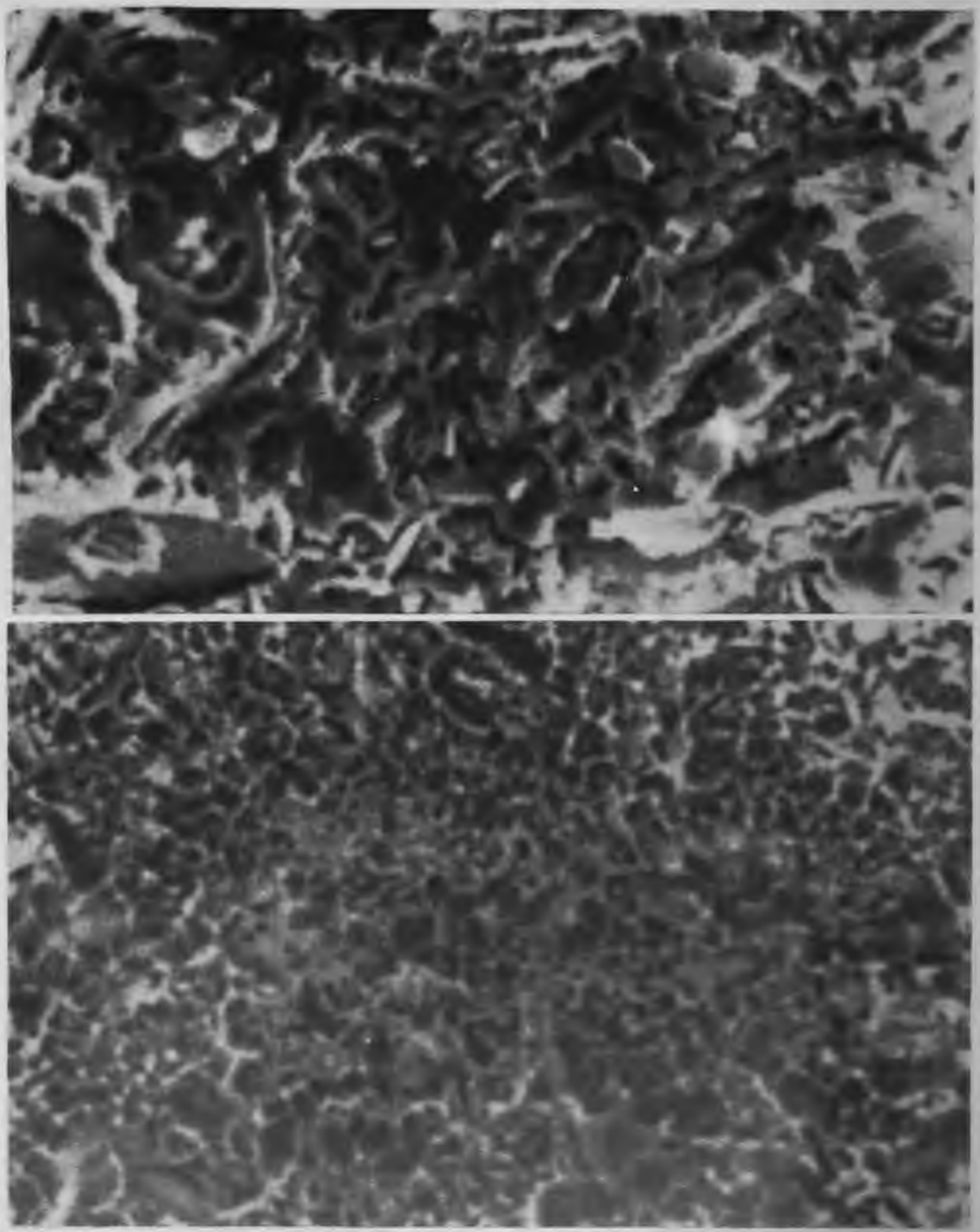
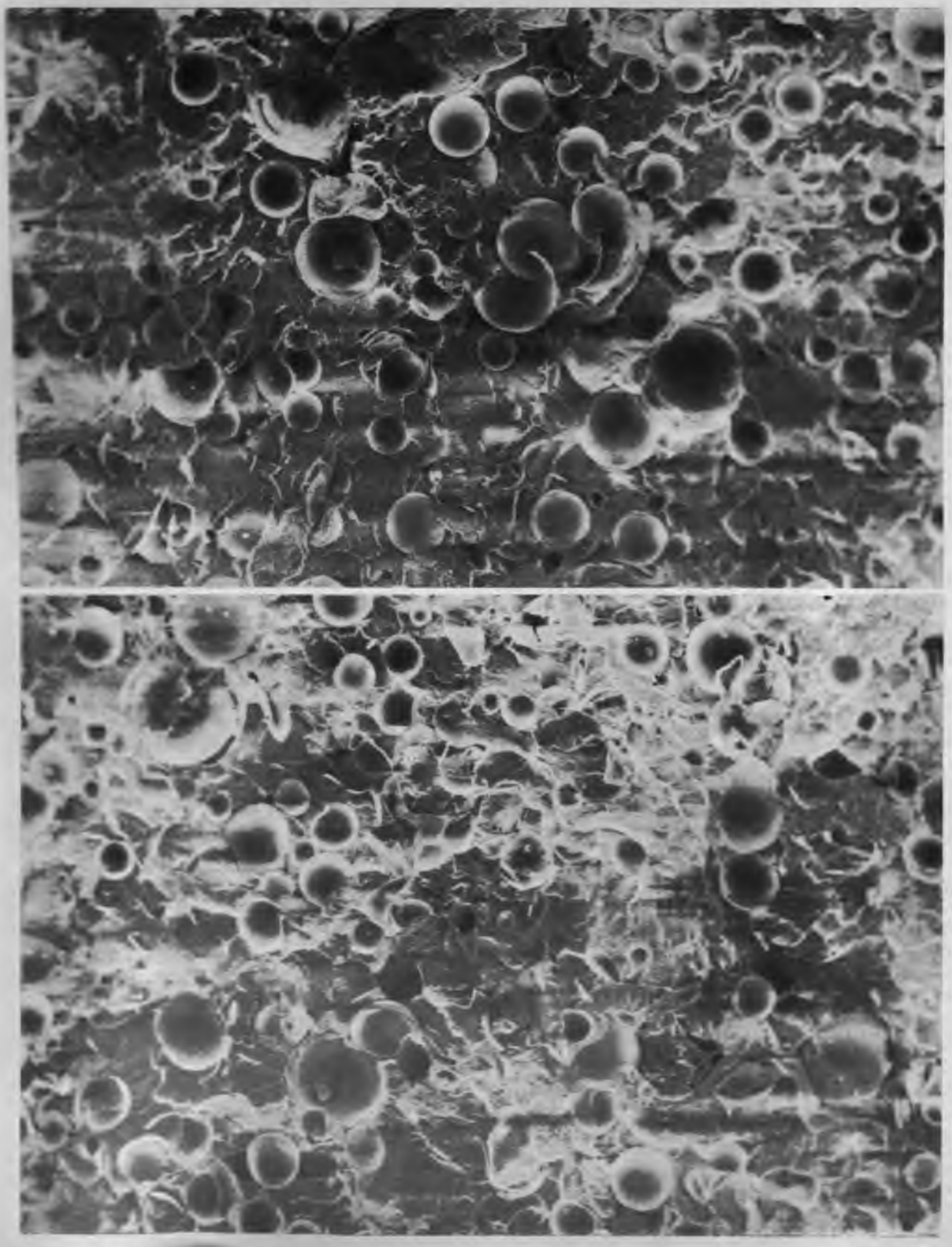


Рис. 15. Фотографии полиэтилена, наполненного минеральными наполнителями, до акустической обработки (верхние снимки) и после «отвучивания» расплава в режиме акустической кавитации (нижние снимки). В качестве наполнителя использованы перлит (слева, увеличение х5500) и стеклосферы (справа, увеличение х225)



жительную роль и ее использование целесообразно. Так, расширяется применение кавитации при очистке, изготовлении эмульсий, поверхностной обработке различных изделий, для ускорения химических реакций в растворах низкомолекулярных соединений и т. д.

Кавитационные явления наблюдаются не только в жидкостях, но и твердых телах, в частности, на микроскопическом уровне в пластичных металлах, в резине (вулканизованном каучуке, наполненном сажей) при ее циклической деформации, например, динамическом сжатии с относительно низкой частотой 20 Гц. Микрофотографии обработанной таким образом резины показывают, что она постепенно становится пористой.

Наряду с первым порогом кавитации (когда нарушается сплошность среды) при изучении гидродинамических течений газов и жидкостей были обнаружены развитые кавитационные течения (когда возникают не отдельные пузырьки или их ансамбль, а единая полость — каверна, содержащая газы и пары). При определенных условиях каверна образуется за телом любой формы (диск, лопасть, крыло), причем по размерам эта полость обычно во много раз превосходит само тело. Такое развитое гидродинамическое кавитационное течение жидкости или газа с образованием единой каверны получило название суперкавитации и может быть квалифицировано как второй порог кавитации.

Для сред с низкой вязкостью характерны очень малые времена установления равновесного состояния (времена релаксации), поэтому микрокавитации «залечиваются», и фиксировать их удается только при очень высоких скоростях течения или частотах циклических деформаций. Интенсивное вибрационное воздействие осуществляется наложением на среду высокочастотных ультразвуковых (УЗ) колебаний от стандартных излучателей. Возникающая при этом кавитация называется акустической (АК), или ультразвуковой. Она многократно описана для низкомолекулярных жидкостей, прежде всего для воды и растворов солей, кислот и щелочей, а также растворов высокомолекулярных веществ. В 1975 г. С. Л. Пешковский, Н. Б. Брандт и А. Д. Яковлев впервые показали, что при акустической обработке низкомолекулярных жидкостей также может возникать второй порог кавитации, то есть акустическая суперкавитация.

В последнее время изучены и начали использоваться УЗ-кавитационные эффекты в химической технологии. Речь идет не только о перемешивании и эмульгировании жидких сред, но и об интенсификации химических реакций в жидкой фазе, тонком измельчении твердых веществ в жидкостях (приготовление суспензий), а также направленной механодеструкции полимеров в растворах.

Однако при возрастании вязкости жидкости понижаются средний размер, скорость роста и схлопывания кавитационных полостей и тем самым подавляются вторичные сильнодействующие эффекты кавитации, например механодеструкция полимерных молекул. Теоретически и экспериментально показано, что при вязкости жидкости свыше 1,5—2,0 Па·с перестают наблюдаться вторичные эффекты акустической кавитации, то есть кавитация практически полностью исчезает. В связи с этим до последнего времени АК расплавов полимеров не была описана в литературе.

В 1978—1984 гг. С. Л. Пешковским, М. Л. Фридманом, А. И. Тукачинским и Н. С. Ениколопяном был выполнен цикл работ, позволяющих впервые обнаружить и достаточно подробно изучить АК в высоковязких системах — расплавах модельных и промышленных полимеров. Авторы исходили из положения, что для возбуждения кавитации расплава полимера акустическое давление должно превышать объемную прочность материала. Поскольку прочность полимера минимальна в условиях всестороннего нагружения, то логично было ожидать, что АК можно возбудить только с помощью так называемых объемных УЗ-вибраций. Действительно, такой полимер, как, например, полибутадиен, при объемном растяжении сопоставим по прочности с обычными маловязкими жидкостями (например, водой), в которых АК возбуждается сравнительно легко.

С помощью специальной установки, в которой реализовались объемные воздействия УЗ на расплавы полимеров, удалось обнаружить АК и провести систематическое изучение ее особенностей, связанных с тем, что из-за сильно выраженной вязкоупругости расплавов условия возникновения и динамика изменения кавитационных полостей могут быть иными, чем в низкомолекулярных маловязких жидкостях.

Явление АК было отмечено авторами не только в полибутадиене, но и в полиэтиленах высокого и низкого давления, полистироле, полипропилене, а также в полиэтилене, наполненном каолином, мелом, перлитом или стеклосферами. Визуальные наблюдения в обычном

СТО ЛЕТ НАЗАД

Русский химик-органик И. Л. Кондаков впервые осуществил синтез изопрена из хлорамилена, а также установил способность всех диенов с сопряженной системой связей к полимеризации с образованием каучуков.

Русский химик-органик Г. Г. Густавсон (впоследствии член-корреспондент Петербургской Академии наук) синтезировал углеводород циклопропан — первый член гомологического ряда циклоалканов.

(неполяризованном) свете и скоростная киносъемка позволили обнаружить возникающие под действием акустического поля и растущие с течением времени области кавитационных пузырьков и каверн, которые рассасываются при выключении акустического излучателя (см. рис. 11).

Было установлено следующее. Во-первых, АК высокомолекулярных веществ также носит пороговый характер: для каждого полимера существует критическая амплитуда колебательной скорости, причем величина амплитуды зависит от времени воздействия ультразвука на материал и его молекулярной массы (рис. 13 и 14). Графики этой зависимости действительно схожи с кривыми изменения прочности полимеров во времени, называемыми кривыми долговечности. Зависимости амплитуды возникновения АК от времени воздействия вибраций удовлетворительно описываются степенной функцией при малых амплитудах и экспоненциальной функцией — при относительно больших амплитудах вибраций.

Во-вторых, возбуждение АК в расплавах полимеров и композиций на их основе резко снижает эффективную вязкость систем (во многих случаях в десятки и даже в 100 раз). Это позволяет рассматривать АК как средство достижения «сверхтекучести» полимерных расплавов. Повышение текучести (снижение вязкости) материалов вызвано двумя основными причинами: снижением ММ полимера в результате разрыва части макромолекул (так называемой механоакустической деструкции) и изменением характера и механизма течения (появляется «пузырьковое» течение, исчезает неустойчивость потока — его отрыв от стенок канала и др.).

В-третьих, кроме механодеструкции и изменения характера течения, результирующее действие которых приводит к «сверхтекучести», АК вызывает заметные изменения в структуре полимера — снижается средний характерный размер структурных элементов (происходит «структурное измельчение»), а их распределение по размерам сужается; кристалличность материала уменьшается; для наполненных композиций происходит измельчение частиц хрупкого наполнителя и значительно повышается равномерность его распределения в объеме полимера (рис. 15).

Все эти вторичные эффекты АК действуют практически в тех же направлениях, что и описанное в предыдущих разделах механическое нагружение твердых тел высоким давлением в сочетании со сдвигом. Возможно, что возникновение при объемных УЗ-вибрациях кавитационных пузырьков и каверн сопровождается своеобразными микрореологическими пульсациями и взрывами, создающими большие локально действующие давления, накладываемые на основное сдвиговое течение материала. При высоких амплитудах колебательных скоростей, когда расплав подобен квазитвердому телу, явление АК может вызывать состояние материала, подобное пластическому течению при высоких давлениях в сочетании с деформациями сдвига.

В настоящее время получен ряд принципиальных доказательств достаточно большой химической активности высоковязких расплавов полимеров при акустической кавитации, так что она может быть использована не только для интенсификации экструзии пластмасс, но и их химической модификации. С другой стороны, при обработке твердых веществ ВД + ДС (как в режимах химической активизации, так и измельчения до порошков) происходит нарушение сплошности материала при пластическом течении. Рост микротрещин, образование замкнутых кавитационных полостей, то есть по существу явление суперкавитации, на наш взгляд, может лежать в основе обоих типов воздействий на материал в твердом и квазитвердом состояниях (ВД + ДС и АК). Это не только подчеркивает общую значимость суперкавитации для физики и химии твердофазного состояния, но и может послужить ключом к объяснению многих описанных эффектов.

СТО ЛЕТ НАЗАД

Французский металлург П. Эру конструирует катодную печь (названную потом его именем), которая сыграла важную роль в развитии электрометаллургии стали.

Немецкий инженер Э. Берлинер изобрел звукозаписывающий граммофон, отличающийся от фонографа Эдисона тем, что звук записывался на равномерно вращавшийся цинковый диск, покрытый тончайшим слоем воска. После записи диск подвергался травлению и с него гальванопластическим методом снималась медная матрица, с которой затем штамповались из эбонитовой массы диски-копии, служившие для воспроизведения записи.

Шведский инженер и изобретатель Г. Лаваль сконструировал аппарат для определения жирности молока.

Польский врач-окулист Л. Заменгоф издал проект вспомогательного международного языка. Этот язык, получивший название эсперанто, стал самым распространенным в мире искусственным языком.

ЛЕТОПИСЬ НАУКИ

Мы никогда не должны забывать, что каждый успех нашего познания ставит больше проблем, чем решает.

Л. де Бройль

МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА, МЕХАНИКА

ФИЗИКА

АСТРОНОМИЯ

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ХИМИЯ

БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, ЭТНОГРАФИЯ

ФИЛОСОФИЯ И ПРАВО

ЭКОНОМИКА

ФИЛОЛОГИЯ

М. Л. АНДРЕЕВ,
кандидат филологических наук

Р. Е. АЙЗБЕРГ
доктор геолого-минералогических наук

Л. Д. БЕРГЕЛЬСОН,
член-корреспондент АН СССР

Г. А. ВЛАСКИН
кандидат экономических наук

Т. М. ГАСАНОВ,
кандидат медицинских наук

О. П. ГРУШНИКОВ,
кандидат химических наук

Ю. С. ЕЛИСЕЕВ
кандидат филологических наук

Б. Г. ИВАНОВСКИЙ,
кандидат экономических наук

Д. И. КАЗАКОВ
кандидат физико-математических наук

А. Б. КАПИТАНОВ
кандидат биологических наук

М. И. КОЗЫРЬ
доктор юридических наук

И. В. КОРМУШИН,
кандидат филологических наук

Л. П. КУЗЬМИНА
кандидат исторических наук

В. И. КУРАЕВ,
кандидат философских наук

Г. А. КУТАТЕЛАДЗЕ

С. И. ЛАРИН,
сотрудник АН СССР

Э. А. ЛЕВКОВ,
доктор геолого-минералогических наук

А. Н. МЕДУШЕВСКИЙ,
кандидат исторических наук

Л. И. МИРОШНИКОВ,
кандидат исторических наук

И. С. НАРСКИЙ,
доктор философских наук

С. А. НИКИТИН,
сотрудник АН СССР

Г. А. НОСЕНКО
кандидат географических наук

В. Л. ОБУХОВ,
кандидат философских наук

С. В. ОШИБКИНА,
доктор исторических наук

А. М. ПЕТРОВ,
кандидат экономических наук

О. Н. РЖИГА,
доктор физико-математических наук

Л. В. РЫХЛОВА,
кандидат физико-математических наук

Е. А. САВОСТИНА,
кандидат исторических наук

В. В. СЕДОВ,
доктор исторических наук

З. П. СЕНОВА,
кандидат медицинских наук

В. В. СМИРНОВ,
кандидат юридических наук

С. К. ТАТЕВЯН,
каидидат технических наук

В. А. ТИШКОВ
доктор исторических наук

А. А. ТУРПАНОВ,
сотрудник АН СССР

С. А. ТЮШКЕВИЧ,
доктор философских наук

В. Д. УЛАНОВСКАЯ,
кандидат экономических наук

Б. А. ФРОЛОВ,
доктор исторических наук

В. М. ХЕВРОЛИНА,
кандидат исторических наук

Ф. ХИНКЕЛЬ, (Hinkel, ГДР),
доктор философских наук

В. И. ЦЕТЛИН,
кандидат химических наук

Б. М. ШПОТОВ,
кандидат исторических наук

Ю. Л. ШУЛЬЖЕНКО
кандидат юридических наук

Б. М. ШУСТОВ,
кандидат физико-математических наук

Математика, информатика, механика

Проблемно-ориентированные комплексы на основе ЭВМ «Искра-226»

В 1985 г. группе специалистов за создание и внедрение в народное хозяйство семейства проблемно-ориентированных вычислительных комплексов на основе мини-ЭВМ «Искра-226» присуждена Государственная премия СССР.

Чтобы сделать применение вычислительной техники массовым, нужно прежде всего максимально приблизить ЭВМ, обеспечивающую решение задач, к тем потребителям, которые в нем нуждаются, т. е. свести к минимуму роль посредников в лице программистов, операторов, обслуживающего персонала или вообще исключить их из процесса общения пользователя и машины.

Прежде чем создавать семейство машин, ориентированных на широкое использование в народном хозяйстве непосредственно на рабочих местах и легко адаптируемых к различным задачам, важно было выявить потенциальные сферы приложения такой техники, найти оптимальное соотношение между универсальными и специфическими ее особенностями. Надо было также тщательно разработать архитектурные, алгоритмические и конструктивные принципы для машин подобного класса и проблемно-ориентированных вычислительных комплексов на их базе, осуществить систему мероприятий по подготовке тех или иных отраслей к скорейшему внедрению этих комплексов (выявление типовых задач). Наконец, требовалось сконструировать с учетом существующих элементной базы и периферийных устройств экономичную, простую в эксплуатации, малогабаритную, но достаточно мощную массовую персонально-профессиональную ЭВМ.

Такой машиной стала настольная диалоговая мультипроцессорная с иерархической структурой мини-ЭВМ «Искра-226». Она не предъявляет специальных требований к климатическим условиям и электропитанию, имеет широкую номенклатуру внешних устройств, реализует мощную версию популярного языка программирования Бейсик, способна вести символьно-графический диалог.

Все функциональные блоки машины размещены в одном корпусе. В нем же находятся символьно-графический дисплей со световым пером и (в зависимости от проблемной ориентации комплекса) различные блоки сопряжения, обеспечивающие телекоммуникационную связь с другими ЭВМ практически любых типов, подключение разнообразных измерительных приборов, дискретное и аналоговое управление различными установками.

Системное программное обеспечение ЭВМ «Искра-226» позволяет автоматически распределять ресурсы между одновременно работающими устройствами, управлять процессами ввода—вывода, обрабатывать ошибки, выполнять диагностику работоспособности

Применение ЭВМ «Искра-226» для автоматизации градостроительного проектирования (Моспроект № 1)

Автоматическая установка на базе ЭВМ «Искра-226» для фотоэмиссионных измерений (Институт электрохимии имени А. Н. Фрумкина АН СССР)

Проблемно-ориентированный комплекс на основе ЭВМ «Искра-226» в автоматизированной системе для длительных деформационно-прочностных испытаний материалов в условиях трехосного сжатия (геологический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова)

машины. На любом этапе пользователь может внести уточнения в программу, затребовать различную информацию, проверить ход решения и при необходимости вмешаться в него.

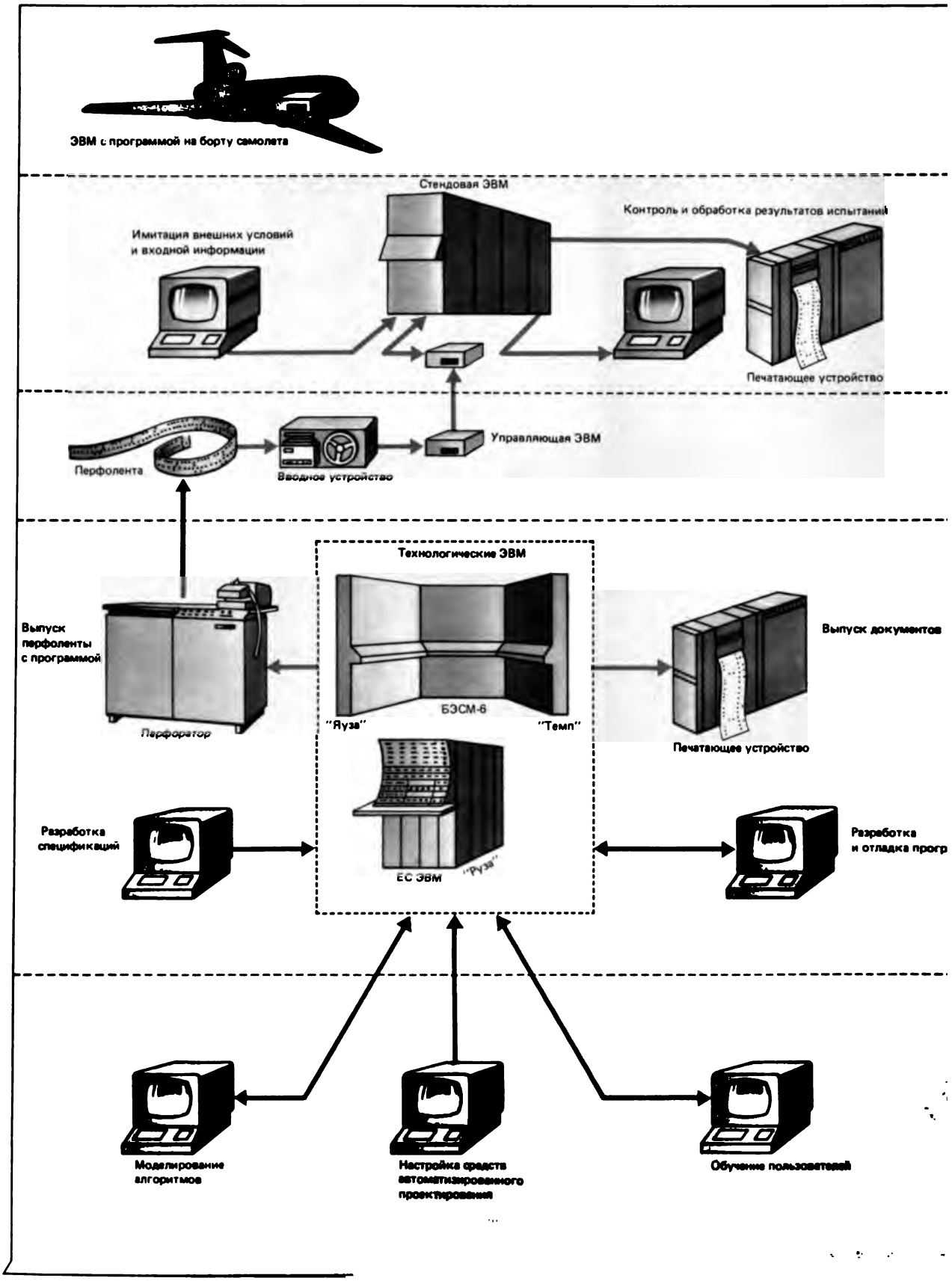
В серийном производстве уже освоен ряд вариантов проблемно-ориентированных вычислительных комплексов на основе ЭВМ «Искра-226», предназначенных, в частности, для использования в качестве интеллектуального терминала к ЕС ЭВМ, автоматизации плановых расчетов и административно-управленческих работ, решения планово-экономических задач, формирования локальных баз данных, автоматизации научно-исследовательских и инженерных расчетов и создания автоматизированных рабочих мест исследователей-экспериментаторов, автоматизации подготовки, контроля и редактирования управляющих программ для станков с числовым программным управлением, автоматизации проектирования технологических процессов, распределенной обработки текстовой информации.

Многообразие функциональных возможностей комплексов в сочетании с простотой их освоения помогло потенциальным потребителям услуг вычислительной техники в значительной степени преодолеть тот «психологический барьер», который стоял на пути ее массового внедрения.

Впервые в отечественной практике широкий круг специалистов, работающих в управленческой, научной и производственной сферах и не имеющих специальной подготовки в области вычислительной техники, получил это мощное средство автоматизации рабочих мест. Проблемно-ориентированные комплексы на базе ЭВМ «Искра-226», серийно выпускаемые с 1981 г. и работающие теперь практически во всех отраслях народного хозяйства, особенно популярны в академических и ведомственных научно-исследовательских институтах, лабораториях высших учебных заведений, плановых и статистических учреждениях, строительных и проектных организациях, в машиностроении, на транспорте, в агропромышленных комплексах, здравоохранении, системах управления городским хозяйством. ЭВМ «Искра-226» используются в учебном процессе в вузах, ПТУ, школах.

Автоматизированное проектирование программ для управляющих ЭВМ

Чтобы широко внедрить вычислительную технику, нужно создать не только различные по возможностям и назначению ЭВМ, но и огромное количество программ, рассчитанных на конкретное применение. Касается это, естественно, и управляющих ЭВМ, входящих (встроенных) в автоматизированные системы обработки информации, управ-


ЭВМ с программой на борту самолета
Стендовая ЭВМ
Имитация внешних условий и входной информации
Контроль и обработка результатов испытаний
Печатающее устройство
Перфолента
Вводное устройство
Управляющая ЭВМ
Технологические ЭВМ
Выпуск перфоленты с программой
Перфоратор
"Яуза"
БЭСМ-6
"Темп"
Выпуск документов
Печатающее устройство
ЕС ЭВМ
"Ряза"
Разработка спецификаций
Разработка и отладка прогр
Моделирование алгоритмов
Настройка средств автоматизированного проектирования
Обучение пользователей

ование кросс-системы «Темп» или «Руза») для я программного обеспечения ющей ЭВМ (в данном приме- редназначена для работы тете). I — предварительный чение пользователя рабо- с-системой; математичес- лирование алгоритмов чия, выбор подходящего авляющей ЭВМ, определение ы комплекса программ для тройка средств автоматизи- го проектирования программ, ванных на технологических выбранный тип управляющей – автоматизированное проек- ве программ: разработка каций (технических заданий) ю ним программных моду- адка модулей (выявление и их сопряжение в единые мы; получение перфоленты с енными программами и со- ающих их документов. III — программ (их ввод с нты) в память управляющих — испытание и отладка про- имитационном стенде: а работы управляющей ЭВМ с енными программами (внеш- вия и входная информация ются), анализ результатов ий и окончательная коррек- алгоритмов и (или) про- — использование управля- ЭМ с отлаженными программа- тете: на борту самолета она нирует в контуре управления ом масштабе времени, вы- команды, поступающие от и датчиков, сообщает нуж- ормацию

разнообразными объектами и ическими процессами, в том юмышленными роботами и гиб- томатизированными производ-

рамме для управляющих ЭВМ няются особые требования, ютать они должны оперативно, ись быстро, в реальном мас- ремени на ту информацию, кото- упает по каналах связи от вне- еды и управляемых объектов. формацией могут быть показа- иков температуры или давле- раметры полета космического , распоряжения оператора. ющая машина (обычно мини- ро-ЭВМ) обладает ограничен- числительными ресурсами, и очень важно эффективно вать их, что во многом зависит туры ее программного обеспе- рограмма должна быть высоко й, т. е. при своей большой логи- ожности и разветвленности не ть непроверенных путей и , не приводить к неожиданным там, не предусмотренным алго- ления. Последствия невы- бок здесь могут оказаться самыми серьезными: и остановка прокатного стана, и выпуск бракованных изделий, и гибель самолета, и срыв программы космического полета.

При изменении объекта управления, его модернизации, совершенствовании технологии или выпуске новой продукции меняются прежде всего программы управляющих ЭВМ. Делаться это может через много лет после первоначальной разработки программного обеспечения, причем наверняка другими людьми или коллективами. Стало быть, программы должны иметь четкую, ясную структуру, доступный для понимания язык программирования, сопровождаться подробной документацией.

И хотя сами управляющие ЭВМ относятся к разряду малых машин, программы для них лучше разрабатывать на больших технологических ЭВМ универсального типа (БЭСМ-6, ЕС ЭВМ), обладающих развитыми средствами общения с пользователями (дисплеями, печатающими устройствами, графопостроителями), большой внешней памятью, способных работать в режиме разделения времени с многими абонентами одновременно. Используя огромные возможности технологической машины, проще найти нужный алгоритм управления, а в соответствии с ним оптимально подобрать тип управляющей ЭВМ и построить программу. На технологической ЭВМ размещается система автоматизации проектирования (комплекс программ), которую называют кросс-системой и с помощью которой создаются программы управляющих ЭВМ. И если в других случаях подготовка и реализация программы осуществляются на машинах одного и того же типа, то результат работы кросс-системы нужно еще передать и записать в память управляющей ЭВМ.

Комплексы управляющих программ, по сути, представляют собой новый вид продукции. Как и для всякой продукции, для них нужна эффективная технология, которая бы позволяла создавать и модернизировать высококачественные сложные программы в сжатые сроки и при минимальных затратах труда. Ведь чтобы подготовить без применения средств автоматизации комплекс программ обычного объема (100—200 тыс. команд), коллективу в 50—100 человек требуется 5—7 лет. Как следствие задерживается внедрение систем управления в народное хозяйство, а некоторые их компоненты или применяемые в них методы за это время морально устаревают. Кроме того, разработка каждой команды традиционным способом подчас обходится чуть ли не в 100 руб., а весь комплекс стоит миллионы.

За создание и внедрение в народное хозяйство прогрессивной технологии («Прометей»-технологии) и комплекса средств автоматизированного проектирования программ для различных ЭВМ группе специалистов (руководитель — доктор технических наук В. В. Липаев) присуждена премия Совета Министров СССР 1985 г. Коллективу удалось решить задачу комплексно: автоматизированы все этапы проектирования от разработки алгоритма до испытания программ в реальных системах управления в различных условиях. В ряде организаций внедрены кросс-системы, реализованные на универсальных ЭВМ БЭСМ-6 (кросс-системы «Яуза» и «Темп») и ЕС ЭВМ (кросс-система «Руза»).

Как же выглядит технология разработки программного обеспечения для управляющих ЭВМ?

Прежде всего, чтобы пользователь мог эффективно и грамотно работать с системами, предусмотрен автоматизированный способ обучения в режиме диалога. На экране дисплея последовательно появляется информация о возможностях системы. Затем пользователю задаются вопросы. Его ответы анализируются, и по ним определяются степень усвоения материала и направление дальнейшего обучения. На экране можно узнать и о допущенных ошибках.

Создание программного обеспечения, как и любого другого изделия, начинается с эскизного проектирования. Прежде всего формируются требования к основным характеристикам комплекса программ, что делается путем математического моделирования алгоритмов управления на универсальных ЭВМ, технически и экономически обосновываются тип выбранной управляющей ЭВМ и применяемые алгоритмы. Все это обретает формализованный вид в спецификациях (технических заданиях) на разрабатываемый комплекс, составляющие его группы программ и отдельные программные модули. Спецификации вводятся в базу данных кросс-системы, что позволяет позже автоматически контролировать правильность взаимодействия готовой программы с другими программами, соответствие ее структуры и различных характеристик (таких, как занимаемый объем в памяти ЭВМ, время счета и т. д.) желаемым. Как показал опыт, чем тщательнее составлены спецификации, тем меньше усилий и времени затрачивается на отладку программ (без предварительных спецификаций она занимает до 40% времени на всю разработку комплекса).

Предварительный этап заканчивается настройкой кросс-системы на конкретные условия работы (среду проектирования), структуру управляющей ЭВМ, параметры проекта. Данную операцию выполняют системные программисты-настройщики, которые записывают характеристики среды проектирования на специальном машинном (проблемно-ориентированном) языке настройки. Адаптацию технологических средств сильно упрощает то, что основная часть кросс-системы общая, а изменяющиеся от одного проекта к другому характеристики проектирования заносятся в таблицы, составляемые автоматически по описанию среды. Сейчас разработанные кросс-системы

настроены на несколько десятков типов управляющих ЭВМ и успешно эксплуатируются.

Проектируя программы по спецификациям, пользователь работает преимущественно на дисплеях по безбумажной технологии. Печатается лишь то, что нужно для «домашнего анализа» полученных результатов или подготовки отчетной документации.

Работа на дисплеях в основном протекает в режиме диалога, когда пользователь формулирует часть задания, затем дожидается ее выполнения и в зависимости от результатов или запросов системы, высвечиваемых на экране, сообщает продолжение задания. Пользователь записывает модуль программы (ее разрабатываемый компонент) на языке программирования, сформированном для конкретной управляющей ЭВМ на этапе настройки, вводит его через дисплей в базу данных и проводит отладку.

За один сеанс работы на технологической ЭВМ пользователь выявляет основные ошибки (лексические и синтаксические) в модуле. На экран дисплея диагностические сообщения о причинах ошибки и ее месте в программе поступают в простой и наглядной форме.

Кросс-системы представляют пользователю возможность провести отладку в режиме, когда каждая машинная команда управляющей ЭВМ исполняется (интерпретируется) универсальной технологической ЭВМ. Перед началом отладки автоматизированно подготавливается план, который предусматривает обязательное прохождение каждого из участков программы (хотя бы один раз). Пользователь получает таблицу результирующих данных отладки, которые он сравнивает с расчетными, полученными при моделировании алгоритма. Если весь план выполнен, то модуль считается отлаженным.

Сопряжение отлаженных модулей (готовых компонентов программы) в единую программу осуществляют программисты-комплексники. Связь между модулями и порядок объединения определяются по спецификациям. Автоматизированный вывод информации о связях, реализующихся между модулями, позволяет эффективно обнаруживать ошибки, возникающие при взаимодействии компонентов программы, быстро ее отладить и добиться ее высокой надежности. В зависимости от типа управляющей ЭВМ готовые программы передаются в ее память либо по каналам связи, либо с помощью машинных носителей (перфолент, магнитных носителей). Из базы данных кросс-системы может быть получена вся необходимая сопровождающая документация для программного обеспечения, которое иногда используется 10 и более лет.

Разрабатывают сложные комплексы программ большие коллективы специалистов (иногда свыше 100 человек). Поэтому управлению проектированием отводится важная роль в «Прометей»-технологии. Специальные средства созданы для того, чтобы руководитель проекта получал информацию о текущем состоянии дел: подготовке спецификаций, числе отлаженных программных модулей, затраченном машинном времени, количестве корректировок и т. д.

С помощью упомянутых кросс-систем созданы программы для управляющих ЭВМ самого разнообразного назначения. Системы высоко рентабельны: отдача на каждый вложенный рубль составила более 20 руб.

Автоматизация научных исследований на основе стандарта КАМАК

Необходимое условие ускорения научно-технического прогресса — расширение масштабов научных исследований, сочетающееся с повышением их сложности, и одновременно сокращение сроков их проведения и внедрения результатов в практику.

Ясно, что экстенсивное развитие науки, когда число исследовательских организаций и сотрудников в них, затраты на оборудование и аппаратуру и прочее растут пропорционально объему новой информации, не может продолжаться безгранично. Нужный темп развития исследований можно обеспечить, главным образом существенно повысив производительность труда научных коллективов. Добиться этого можно, не только улучшая организацию и координацию изыскательских работ, создавая и применяя более эффективные методы и совершенные приборы, но и автоматизируя исследования на основе вычислительной техники и математических методов.

Как показывает опыт, автоматизация научных исследований позволяет:

сократить как минимум в 2—3 раза, а иногда и в десятки раз сроки их выполнения по сравнению с традиционной технологией;

повысить эффективность дорогостоящих установок и оборудования и использовать их комплексно;

получать более полную и достоверную информацию при наблюдениях и измерениях;

применять качественно новые методы и проводить такие исследования, которые ранее, без автоматизации были неосуществимыми;

освободить исследователя от трудоемких рутинных операций и предоставить ему новые возможности (в том числе и в виде услуг) для творчества.

Для сложных теоретических расчетов ЭВМ начали применять в конце 40-х — начале 50-х годов. Самые первые системы автоматизации экспериментов появились десятилетием позже и предназначались для таких научных областей, как ядерная физика, физика высоких энергий, радиолокация планет. Создание таких систем потребовало больших расходов, поскольку для них нужна была вычислительная техника, уникальная аппаратура сопряжения экспериментальных установок с ЭВМ, специальные программы для сбора данных и их обработки. Но без этого нельзя было обойтись в упомянутых областях: без автоматизации невозможно было двигаться дальше.

На рубеже 60-х и 70-х годов стала очевидной необходимость расширить сферу применения вычислительной техники и средств автоматизации в научных исследованиях. Причем речь шла уже не только о сложных теоретических расчетах и обработке больших объемов информации. Автоматизировать нужно было поиск научно-технической литературы, проектирование и изготовление узлов экспериментальных установок, управление ходом эксперимента, сбор и хранение полученных данных, сопоставление результатов с теорией в ходе эксперимента, построение графиков и оформление отчетов и статей. В ряде областей требовалось проводить так называемые вычислительные эксперименты, когда то или иное явление или процесс изучается не в натурных условиях, а на модели, численно представленной в ЭВМ, а также выполнять аналитические преобразования и доказывать теоремы с помощью ЭВМ.

Неизбежность автоматизации научных, в первую очередь экспериментальных, исследований отчетливо выявилась в физике (спектроскопия, кристаллография, физика твердого тела, физика плазмы и пр.), химии (структура вещества, хроматография, сложные реакции), геологии и геофизике (процессы в земной коре и Мировом океане, земные ресурсы, прогноз землетрясений), технике (энергетические установки, корабле-, самолето- и ракетостроение, гидротехнические сооружения, радиотехника и связь, машиностроение, приборостроение и т. д.), системных исследованиях (сложные технические, социальные и естественные системы), биологии (биоорганические процессы, структура клетки, нейрофизиология, диагностика состояния человека) и т. д.

Решить эту задачу можно было, лишь разработав типовые базовые средства вычислительной техники и автоматизации и организовав их промышленный выпуск, что позволяло существенно сократить затраты трудовых и материальных ресурсов и быстрее создать большое количество автоматизированных систем.

В общем случае исследование — это взаимодействие специалиста и экспериментальной установки, которое осуществляется через датчики, измерительные приборы и элементы управления. Если в процесс включается ЭВМ, то нужно дополнительно организовать взаимодействие как экспериментальной установки с ЭВМ, так и этой пары с исследователем. Дело это непростое и требует специально разрабатываемой электронной аппаратуры сопряжения и представления данных с соответству-

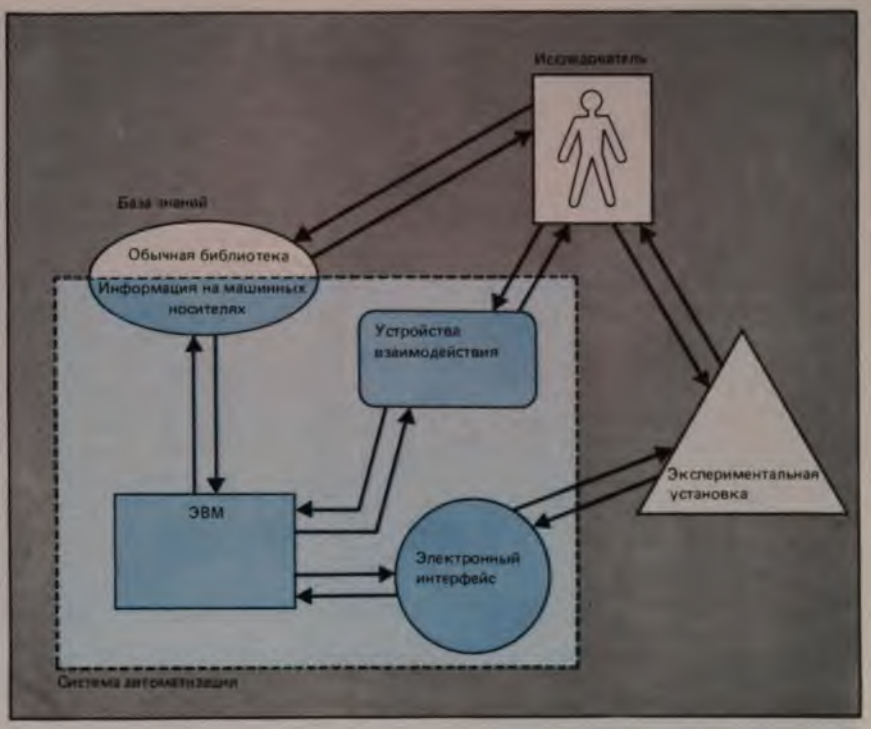


Рис. 1. Схема автоматизированного процесса научного исследования. При традиционном способе исследования ученый вначале знакомится с литературой и находит сведения о полученных ранее в данной области результатах, затем выбирает или предлагает модель изучаемого явления, анализирует ее, ставит эксперимент с целью ее проверки и уточнения, наконец, делает окончательные выводы (взаимодействия человек — обычная библиотека — экспериментальная установка). Связи усложняются, если в процесс включается система автоматизации, которая состоит из ЭВМ, автоматизированной базы знаний, электронного интерфейса, сопрягающего экспериментальную установку с ЭВМ, и устройств взаимодействия исследователя с системой автоматизации

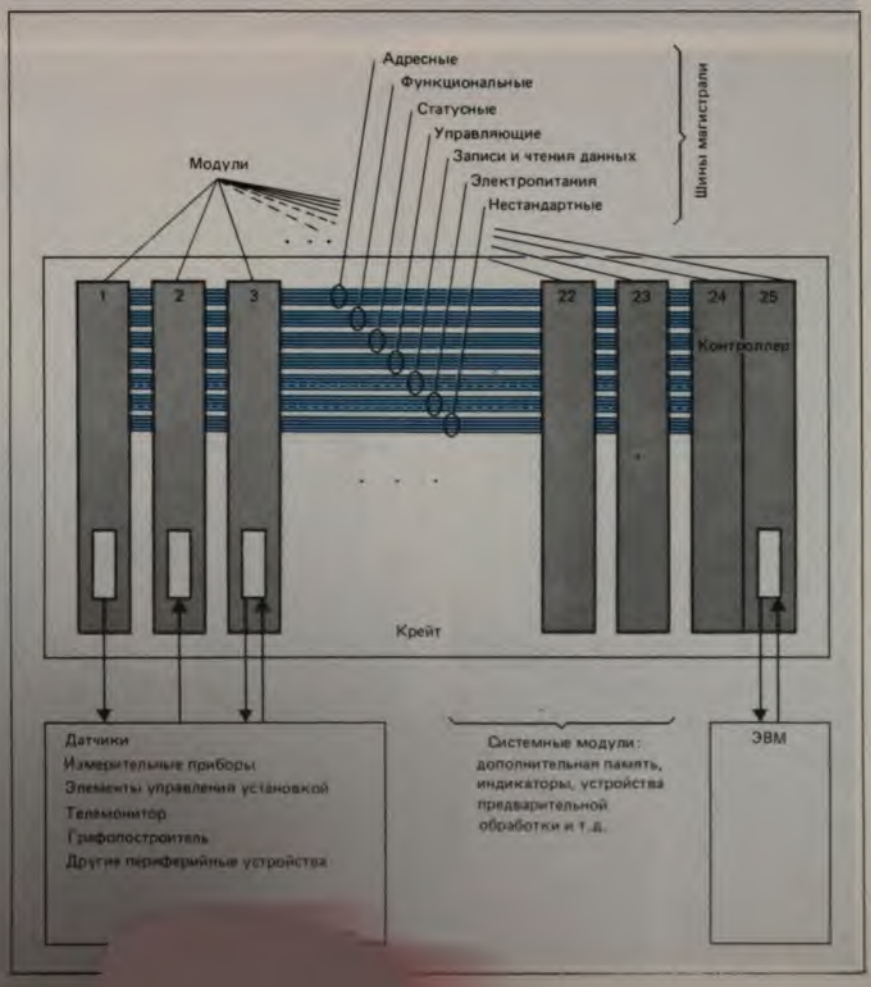


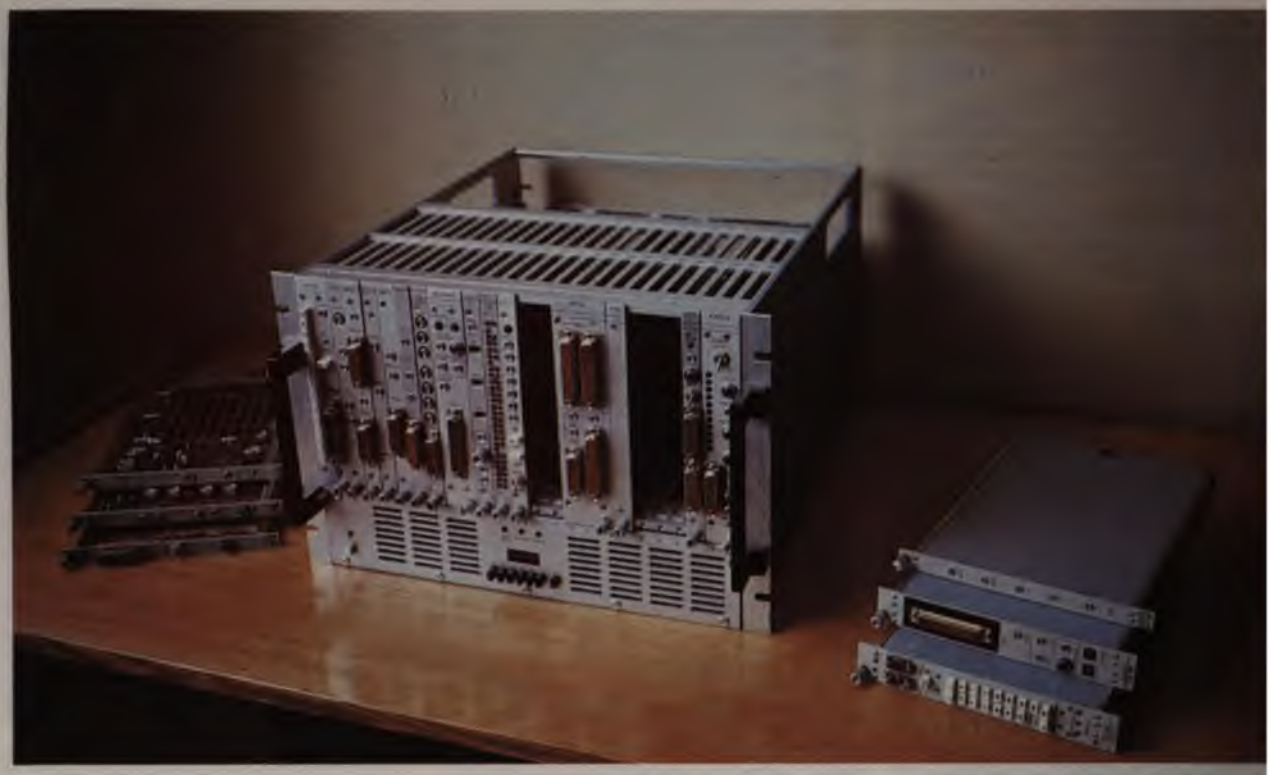
Рис. 2. Структура электронного интерфейса — системы сопряжения экспериментальной установки с ЭВМ (стандарт КАМАК). Интерфейс обеспечивает: а) прием сигналов от установки, датчиков и измерительных приборов, их преобразование в цифровую форму и передачу в ЭВМ; б) прием цифровых управляющих сигналов от ЭВМ, их преобразование в нужную форму и передачу на элементы управления установкой; в) вывод информации из ЭВМ на телевизионный монитор, графопостроитель и другие периферийные устройства. У каждого модуля своя функция. В зависимости от функций, которые должны быть реализованы для выполнения исследования, подбираются модули (в данном случае их 25) и вставляются в крейт, где они соединяются магистралью. Связь между ЭВМ и модулями обеспечивает контроллер. В крейт могут устанавливаться также системные модули, расширяющие возможности ЭВМ

ющим программным обеспечением (рис. 1).

Создавать мини- и микро-ЭВМ, пригодные для включения в объект управления, скажем, экспериментальную установку, имеющие соответствующие периферийные устройства, удобные в обращении, надежные и недорогие, — задача общая и важная с точки зрения применения вычислительной техники вообще, однако в нашем случае речь идет о разработке отдельных устройств и систем сопряжения экспериментальных установок с вычислительными машинами, которой отводится одна из центральных ролей при автоматизации научных исследований.

Какие же требования предъявляются к средствам сопряжения?

Во-первых, они обязаны быть гибкими, т. е. легко приспособляемыми к любым экспериментам, которые могут



СМП 1300 1701.02

Рис. 3. Крейт КАМАК и вставляемые в него функциональные модули

Рис. 4. Измерительно-вычислительный комплекс на основе микро-ЭВМ и аппаратуры КАМАК для систем автоматизации экспериментов широкого круга (Институт электронных управляющих машин Минприбора; Институт радиотехники и электроники АН СССР)

Рис. 5. Радиотелескоп РАТАН-600, круговой отражатель которого (диаметром 600 м) состоит из 895 элементов (слева), и фрагмент его распределенной системы управления, сбора и обработки данных (справа). Эта система включает 20 мини- и микро-ЭВМ, более 300 крейтов КАМАК с функциональными модулями (Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР, СКБ научного приборостроения СО АН СССР)

Рис. 6. Экспериментальная автоматизированная система физиологического исследования и оперативного врачебного контроля пациентов на основе микро-ЭВМ и аппаратуры КАМАК (Институт автоматики и электрометрии СО АН СССР)

различаться по скорости передачи и объему информации, числу каналов ее приема и управления установкой, способам представления результатов и т. д.

Во-вторых, они должны обладать свойством эволюционности, т. е. допускать модификацию и развитие и самих себя, и системы автоматизации в целом. Научный эксперимент, вполне понятно, может со временем видоизменяться: появляются какие-то дополнения, что-то становится лишним, что-то преобразуется.

В-третьих, важна для них и унификация, благодаря которой можно широко использовать отдельные устройства и программы управления ими, созданные ранее данным коллективом или, что особенно ценно, другими организациями, в том числе и тиражируемые промышленным способом.

В-четвертых, они должны быть пригодны для работы с любой ЭВМ, т. е. машинно-независимыми.

В-пятых, в них должна быть предусмотрена возможность модернизации, прежде всего на основе новейших достижений микроэлектроники.

Реализовать все эти принципы в системе сопряжения можно в том случае, если в нее входят совместимые устройства, выполненные в виде модулей, подключаемые к единому каналу передачи информации и имеющие унифицированное программное обеспечение.

Совместимость модулей и унификацию программного обеспечения обеспечивает стандартизация данных и команд, электрических сигналов и электропитания, основных механических размеров.

Названным требованиям отвечает стандарт КАМАК, предложенный рядом международных организаций и принятый в СССР.

Основа системы КАМАК — совместимые рабочие (функциональные) модули, вставляемые в крейт (каркас) (рис. 2, 3). Главная его часть — канал передачи данных (магистраль), состоящий из 86 шин (проводников), которые разбиты на семь основных групп:

1) адресную (для кодирования адреса модулей и их секций, к которым направляется команда);

2) функциональную (для кодирования операции, которую надлежит выполнить секции модуля, куда адресована команда);

3) состояния (для сообщения о готовности принять команду или занятости модуля);

4) управляющую (для запуска исполнения команды, стирания предыдущей команды и использованной информации, защиты модуля во время его работы);

5) записи и чтения данных (для обмена информацией между модулями при поступлении соответствующих команд);

6) электропитания;

7) нестандартную (для реализации дополнительных функций).

Стандарт позволяет создавать системы автоматизации экспериментов самой разнообразной структуры, как с одной или несколькими ЭВМ, так и вообще без них, включающие от одного до нескольких десятков крейтов. Структура выбирается в зависимости от сложности той или иной экспериментальной установки и решаемой конкретной задачи.

Следует отметить, что эти же принципы в том или ином варианте лежат в основе и других стандартов на системы сопряжения.

Разработка модулей КАМАК и типовых систем автоматизации экспериментов на их основе была организована в СССР в начале 70-х годов. Был определен набор функций, которые должны выполнять модули, созданы их конструкции, необходимое программное обеспечение, типовые измерительно-вычислительные комплексы для автоматизации научных исследований на основе аппаратуры КАМАК и мини- и микро-ЭВМ, налажен массовый выпуск таких устройств (рис. 4).

К 1985 г. уже функционировало более 2 тыс. систем автоматизации самых различных экспериментов (рис. 5, 6).

За разработку на основе международного стандарта КАМАК и организацию производства аппаратуры для создания систем автоматизации научных и научно-технических исследований группе специалистов присуждена премия Совета Министров СССР 1985 г.

Созданные средства сопряжения экспериментальных установок с ЭВМ в стандарте КАМАК и системы автоматизации экспериментов на их основе позволили интенсифицировать исследования, существенно повысить производительность труда коллективов ученых и специалистов, получить новые научные результаты.

По оценкам экспертов, аппаратура КАМАК не потеряет своего значения в ближайшем десятилетии. Однако при современной стоимости систем на ее основе и мини- и микро-ЭВМ (в комплексе они дают возможность увеличить объем получаемой новой информации примерно в 3 раза при удвоении затрат) нельзя перейти к этапу массовой автоматизации научных исследований. Поэтому уже сегодня разрабатываются новые системы для автоматизации прежде всего сравнительно простых, но массовых экспериментов.

Гидродинамика больших скоростей

Одна из классических задач гидромеханики состоит в изучении движения тел различной формы в жидкости или (что то же самое) потоков, обтекающих неподвижные тела.

Реальная жидкость обладает многими физическими свойствами: вязкостью, сжимаемостью, поверхностным натяжением и т. д. Однако при достаточно больших скоростях главным фактором становится ее инерционность: важно лишь, что плотность жидкости отлична от нуля, а сила сопротивления определяется той энергией, которую затрачивает тело (той работой, которую оно совершает), отклоняя имеющую массу жидкость от прямолинейного движения.

Именно это единственное свойство учитывается в модели идеальной (невязкой) несжимаемой жидкости.

Известно, что данная модель очень хорошо описывает картину обтекания тела почти всюду за исключением тонкого пограничного слоя, который непосредственно прилегает к нему и в котором уже нельзя пренебрегать вязкостью. Но как раз в этом слое возникает сопротивление. В рамках же модели идеальной несжимаемой жидкости оно при безотрывном режиме обтекания равно нулю (парадокс Д'Аламбера—Эйлера). Дело в том, что при безотрывном режиме обтекания, когда струи жидкости плотно прилегают к телу, усилия, затрачиваемые его головной частью на раздвигание жидкости, затем полностью компенсируются тянущей силой, образующейся на остальной его поверхности за счет смыкания струй.

Таким образом, чтобы учесть силу сопротивления при безотрывном режиме, нужно ввести в модели поправки в пограничном слое, мало меняя свойства основного течения, в котором сопротивления нет. Естественно, сопротивление, зависящее от сцепления жидкости и тела, пропорционально площади его поверхности, т. е. растет как квадрат характерного линейного размера тела, в то время как его объем пропорционален кубу этой величины.

С ростом скорости около не очень длинных и не острых тел возникают отрывные течения: жидкость, раздвинутая носовой частью, не успевает сомкнуться на теле и основная его часть оказывается погруженной в полость, заполненную паром, — кавитационную каверну (соприкасающуюся с жидкостью носовую часть называют кавитатором) (рис. 1).

При таком режиме обтекания энергия, затрачиваемая кавитатором, уже не возвращается, поскольку основная часть тела не имеет контакта с жидкостью; теперь не только течение, но и основное сопротивление может быть рассчитано в рамках модели идеальной жидкости, ведь на поверхности тела вне кавитатора уже нет пограничного слоя.

Характеризуют такого рода течения с помощью безразмерного параметра — числа кавитации, которое прямо пропорционально разности давлений в набегающем потоке и внутри каверны и обратно пропорционально плотности жидкости и квадрату скорости движения жидкости относительно кавитатора. Если у разных стационарных (движущихся с неизменной скоростью) течений кавитаторы геометрически подобны и различаются лишь по размеру, а числа кавитации равны, то картины обтекания

орможения число кавитации озрастать (падает скорость) и условий задачи нарушится, как ие течение перестанет быть ельным.

ные предельные закономерно- альном течении выполняются, , приближенно, но по мере роста становятся все более точны- из важных результатов, повто- тоит в том, что в жидкости при скоростях могут перемещаться ные объемы с очень малым льным сопротивлением, но они льно имеют очень большие ия. Возможно, в будущем найти способ обойти принцип а и добиться малого сопроти- с кавернами более удобных которые допускаются моделью ой жидкости. Однако тогда при- например, ликвидировать погра- слой на кавитаторе, сделав его сть подвижной.

кл работ «О движении тел в ольшими скоростями», опубли- х в 1981—1983 гг., доктору математических наук Ю. Л. Яки- 985 г. присуждена премия имени лыгина АН СССР.

е волны й динамике

технический прогресс преобра- ик большинства наук, в том таких древних, как математика ика. Математик получил в свое жение мощные ЭВМ с развитым ийным оборудованием, позво- выполнять сложнейшие вычи- и представлять результаты во слимых видах. Но еще важнее, одаря новым техническим сред- может теоретически рассчитыт следуемый процесс или созда- конструкцию. Сейчас речь идет ом, чтобы значительную часть х и модельных экспериментов ь расчетами, которые бы опира- достаточно точную теорию, вали достижения вычисли- математики и выполнялись на туальнейшая задача аэродина- например, — полный теоретиче- счет, во-первых, формы само- космического корабля, во-вто- жения подобного объекта.

удовлетворить подобные науки и техники, в свою оче- ужно разработать достаточно математические модели изучае- ектов и процессов. Показать, рудности возникают здесь и способами они преодолеваются, скажем, на задаче о расчете я реактивного сверхзвукового а, летящего на высоте порядка м. Он «тащит» за собой обычно ко ударных волн, которые могут ть даже земной поверхности (ра- , там их сила уже невелика). На а ситуация представлена схема- а на рис. 2 показаны ударные волны, полученные в лаборатории. При расчете самолета, помимо множества самых разнообразных факторов, нужно обязательно учесть и эффект присутствия ударных волн как вблизи летательного аппарата, так и вдали от него.

Ударная волна в газовой динамике — это зона (слой), в которой параметры газа (плотность, давление, температура, скорость и т. д.) быстро меняются и которая перемещается со сверхзвуковой скоростью в сторону более низких давлений. Толщина такого слоя — порядка длины свободного пробега молекул газа, т. е. чрезвычайно мала (в нашем примере 10^{-3}—10^{-5} см).

Поведение газа в таком тонком слое описывается сложными нелинейными уравнениями. Поскольку ширина ударных волн ничтожно мала по сравнению с характерным размером самолета и тем более зоны, где они распространяются, то учет структуры ударной волны при расчетах движения воздуха потребовал бы такой степени их детализации, которая недостижима на практике.

Существуют две возможности обойти препятствия такого рода. Один путь — увеличить очень малую вязкость воздуха в его математической модели во много раз. Ширина ударной волны возрастает вместе с этой, как ее называют, математической или искусственной вязкостью, что позволяет уменьшить «подробность» вычислений и делает возможным расчет течения в нужной области. При увеличении вязкости важно добиться компромисса между требованиями к точности расчета и соображениями о допустимом объеме всей работы.

Однако завышать значение вязкости можно не всегда и не везде (так же, как и отбрасывать ее). Так, при определении расхода топлива и силы сопротивления воздуха необходимо учитывать, конечно же, его реальную вязкость.

Второй путь, приводящий в большинстве случаев к более точным результатам, состоит в том, чтобы, пренебрегая вязкостью и теплопроводностью, построить математическую теорию (модель) «невязкого» газа.

Поскольку ширина ударной волны невелика, можно считать, что значения параметров газа перед ней переходят в их значения за ней не непрерывно, а скачком. Иначе говоря, существует разрыв параметров на некоторой движущейся поверхности, которую, идеализируя, можно называть также ударной волной. Заменяя слой конечной толщины поверхностью, мы, по существу, пренебрегаем процессами трения и теплопроводности в газе, т. е. приравниваем нулю коэффициенты вязкости и теплопроводности.

Итак, ударная волна теперь рассматривается как поверхность, на которой параметры газа испытывают разрыв и которая перемещается со сверхзвуковой скоростью. Как же описывать течение газа с разрывными параметрами?

Этот вопрос имеет принципиальное значение и притом не только в газовой динамике, но и во многих разделах физики, имеющих дело с движением сплошной среды и происходящими в ней процессами (в качестве примера назовем теорию фильтрации, расчеты технологических процессов в химических реакторах, теорию сильных электромагнитных полей, существенно влияющих на свойства среды).

Разрывное распределение параметров нельзя описать дифференциальными уравнениями, столь распространенными при математическом моделировании непрерывных (гладких) движений и процессов, по той простой причине, что дифференцируются только непрерывные функции. Разрывные же распределения могут быть решениями только системы уравнений, выражающих в интегральной форме все основные закономерности изучаемого процесса — так называемые законы сохранения (подобные уравнения называют уравнениями баланса).

Например, для однородного газа закон сохранения вещества в интегральной форме (уравнение баланса) математически выражает следующий очевидный факт: уменьшение массы вещества в любой конечной области пространства за некоторое время равно массе вещества, которое за это время покинуло рассматриваемую область через ограничивающую ее поверхность.

В газовой динамике к закону сохранения вещества (массы) добавляются также законы сохранения импульса (векторной величины) и энергии. Если дополнить уравнения баланса информацией о свойствах среды (в частности уравнениями состояния), то получится замкнутая система соотношений, описывающая движение газа.

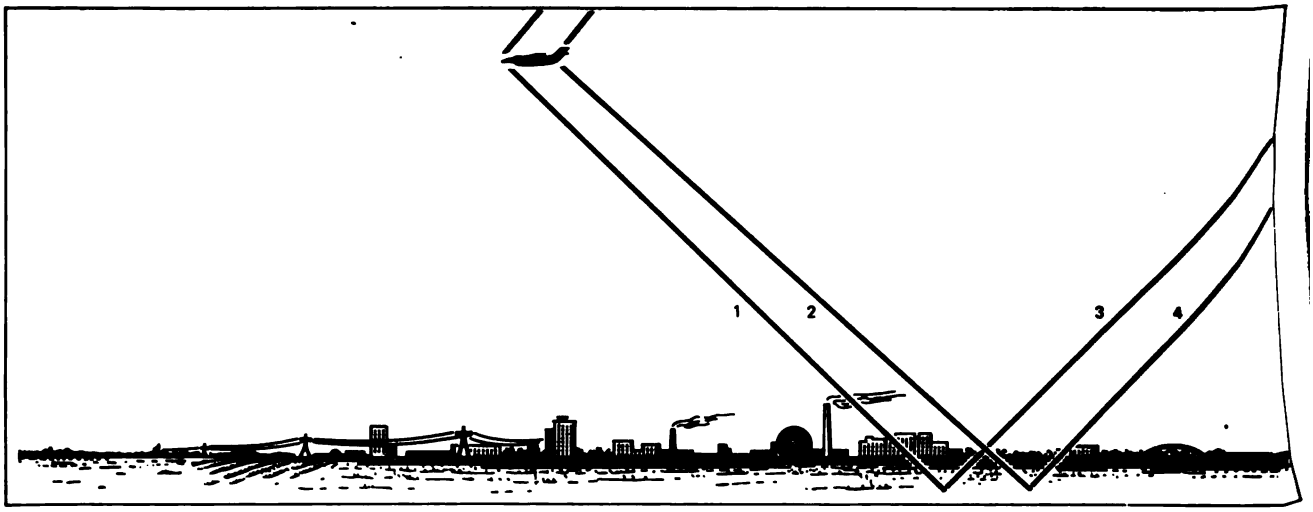
Однако формальное введение разрывных (обобщенных) решений в газовой динамике, как таких распределений параметров среды, которые удовлетворяют интегральным уравнениям баланса массы, импульса и энергии, приводит к ряду на первый взгляд неожиданных осложнений.

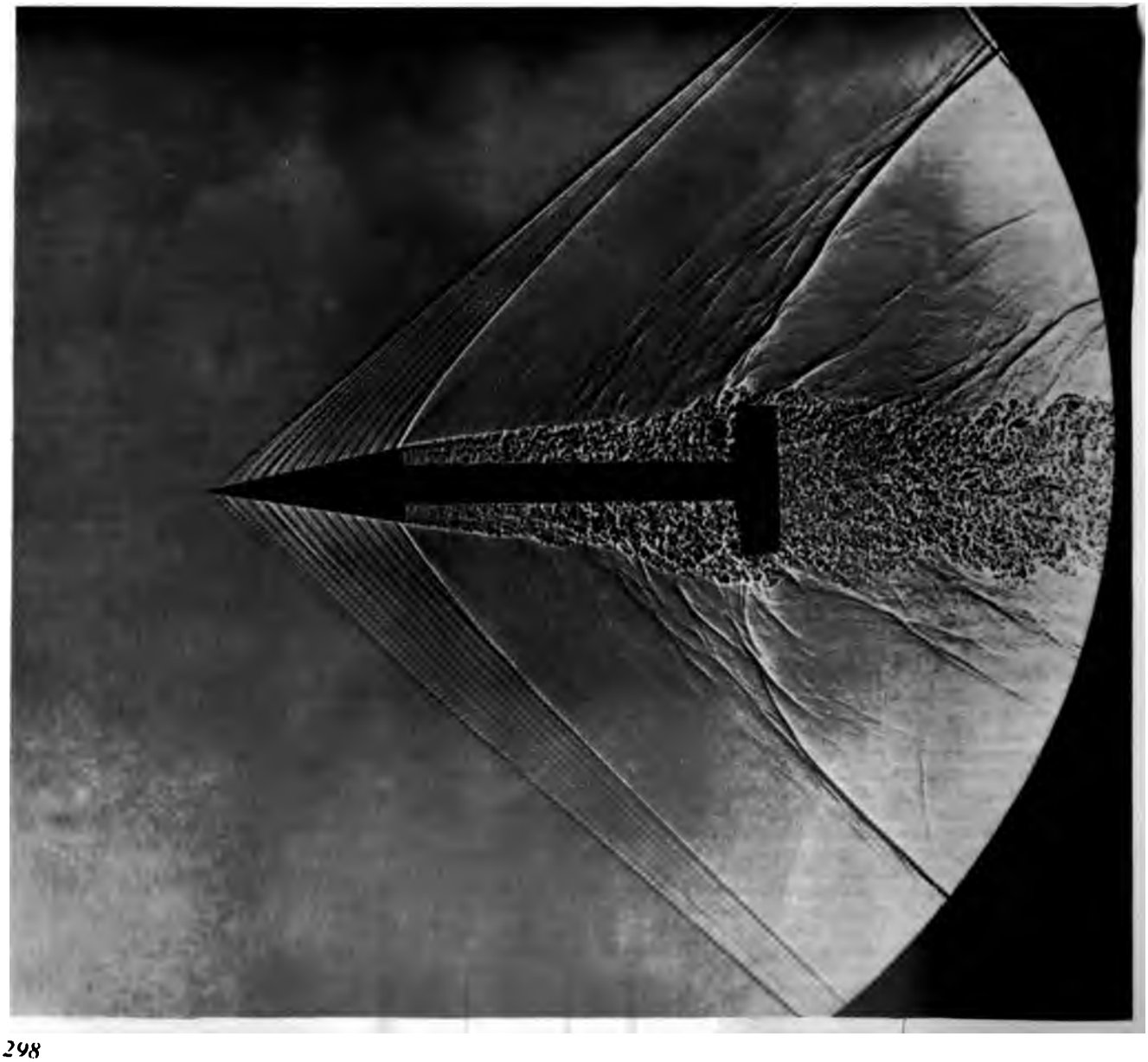
Оказывается, что эти уравнения для невязкого газа допускают движение поверхности разрыва его параметров в сторону не только меньшего давления (как и в реальных ударных волнах), но и

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Дешевые паровые дороги с деревянными рельсами. В США имеются рельсовые дороги, сделанные исключительно из дерева. Рельсы состоят из деревянных балок. Двигающиеся по ним легкие паровозы и вагоны снабжены колесами, шины коих имеют желобчатую форму. Это самые дешевые рельсовые дороги мира.

«Инженер»


1
2
3
4



мере торможения число кавитации будет возрастать (падает скорость) и одно из условий задачи нарушится, как следствие течение перестанет быть автомодельным.

Подобные предельные закономерности в реальном течении выполняются, конечно, приближенно, но по мере роста скорости становятся все более точными. Один из важных результатов, повторим, состоит в том, что в жидкости при высоких скоростях могут перемещаться значительные объемы с очень малым относительным сопротивлением, но они обязательно имеют очень большие удлинения. Возможно, в будущем удастся найти способ обойти принцип минимума и добиться малого сопротивления с кавернами более удобных форм, которые допускаются моделью идеальной жидкости. Однако тогда придется, например, ликвидировать пограничный слой на кавитаторе, сделав его поверхность подвижной.

За цикл работ «О движении тел в воде с большими скоростями», опубликованных в 1981—1983 гг., доктору физико-математических наук Ю. Л. Якимову в 1985 г. присуждена премия имени С. А. Чаплыгина АН СССР.

Ударные волны в газовой динамике

Научно-технический прогресс преобразил облик большинства наук, в том числе и таких древних, как математика и механика. Математик получил в свое распоряжение мощные ЭВМ с развитым периферийным оборудованием, позволяющие выполнять сложнейшие вычисления и представлять результаты во всех мыслимых видах. Но еще важнее, что благодаря новым техническим средствам он может теоретически рассчитывать исследуемый процесс или создаваемую конструкцию. Сейчас речь идет уже о том, чтобы значительную часть натурных и модельных экспериментов заменить расчетами, которые бы опирались на достаточно точную теорию, использовали достижения вычислительной математики и выполнялись на ЭВМ. Актуальнейшая задача аэродинамики, например, — полный теоретический расчет, во-первых, формы самолета или космического корабля, во-вторых, движения подобного объекта.

Чтобы удовлетворить подобные запросы науки и техники, в свою очередь, нужно разработать достаточно точные математические модели изучаемых объектов и процессов. Показать, какие трудности возникают здесь и какими способами они преодолеваются, можно, скажем, на задаче о расчете движения реактивного сверхзвукового самолета, летящего на высоте порядка 10—15 км. Он «тащит» за собой обычно несколько ударных волн, которые могут достигать даже земной поверхности (разумеется, там их сила уже невелика). На рис. 1 эта ситуация представлена схематически, а на рис. 2 показаны ударные волны, полученные в лаборатории. При расчете самолета, помимо множества самых разнообразных факторов, нужно обязательно учесть и эффект присутствия ударных волн как вблизи летательного аппарата, так и вдали от него.

Ударная волна в газовой динамике — это зона (слой), в которой параметры газа (плотность, давление, температура, скорость и т. д.) быстро меняются и которая перемещается со сверхзвуковой скоростью в сторону более низких давлений. Толщина такого слоя — порядка длины свободного пробега молекул газа, т. е. чрезвычайно мала (в нашем примере 10^{-3}—10^{-5} см).

Поведение газа в таком тонком слое описывается сложными нелинейными уравнениями. Поскольку ширина ударных волн ничтожно мала по сравнению с характерным размером самолета и тем более зоны, где они распространяются, то учет структуры ударной волны при расчетах движения воздуха потребовал бы такой степени их детализации, которая недостижима на практике.

Существуют две возможности обойти препятствия такого рода. Один путь — увеличить очень малую вязкость воздуха в его математической модели во много раз. Ширина ударной волны возрастает вместе с этой, как ее называют, математической или искусственной вязкостью, что позволяет уменьшить «подробность» вычислений и делает возможным расчет течения в нужной области. При увеличении вязкости важно добиться компромисса между требованиями к точности расчета и соображениями о допустимом объеме всей работы.

Однако завышать значение вязкости можно не всегда и не везде (так же, как и отбрасывать ее). Так, при определении расхода топлива и силы сопротивления воздуха необходимо учитывать, конечно же, его реальную вязкость.

Второй путь, приводящий в большинстве случаев к более точным результатам, состоит в том, чтобы, пренебрегая вязкостью и теплопроводностью, построить математическую теорию (модель) «невязкого» газа.

Поскольку ширина ударной волны невелика, можно считать, что значения параметров газа перед ней переходят в их значения за ней не непрерывно, а скачком. Иначе говоря, существует разрыв параметров на некоторой движущейся поверхности, которую, идеализируя, можно называть также ударной волной. Заменяя слой конечной толщины поверхностью, мы, по существу, пренебрегаем процессами трения и теплопроводности в газе, т. е. приравниваем нулю коэффициенты вязкости и теплопроводности.

Итак, ударная волна теперь рассматривается как поверхность, на которой параметры газа испытывают разрыв и которая перемещается со сверхзвуковой скоростью. Как же описывать течение газа с разрывными параметрами?

Этот вопрос имеет принципиальное значение и притом не только в газовой динамике, но и во многих разделах физики, имеющих дело с движением сплошной среды и происходящими в ней процессами (в качестве примера назовем теорию фильтрации, расчеты технологических процессов в химических реакторах, теорию сильных электромагнитных полей, существенно влияющих на свойства среды).

Разрывное распределение параметров нельзя описать дифференциальными уравнениями, столь распространенными при математическом моделировании непрерывных (гладких) движений и процессов, по той простой причине, что дифференцируются только непрерывные функции. Разрывные же распределения могут быть решениями только системы уравнений, выражающих в интегральной форме все основные закономерности изучаемого процесса — так называемые законы сохранения (подобные уравнения называют уравнениями баланса).

Например, для однородного газа закон сохранения вещества в интегральной форме (уравнение баланса) математически выражает следующий очевидный факт: уменьшение массы вещества в любой конечной области пространства за некоторое время равно массе вещества, которое за это время покинуло рассматриваемую область через ограничивающую ее поверхность.

В газовой динамике к закону сохранения вещества (массы) добавляются также законы сохранения импульса (векторной величины) и энергии. Если дополнить уравнения баланса информацией о свойствах среды (в частности уравнениями состояния), то получится замкнутая система соотношений, описывающая движение газа.

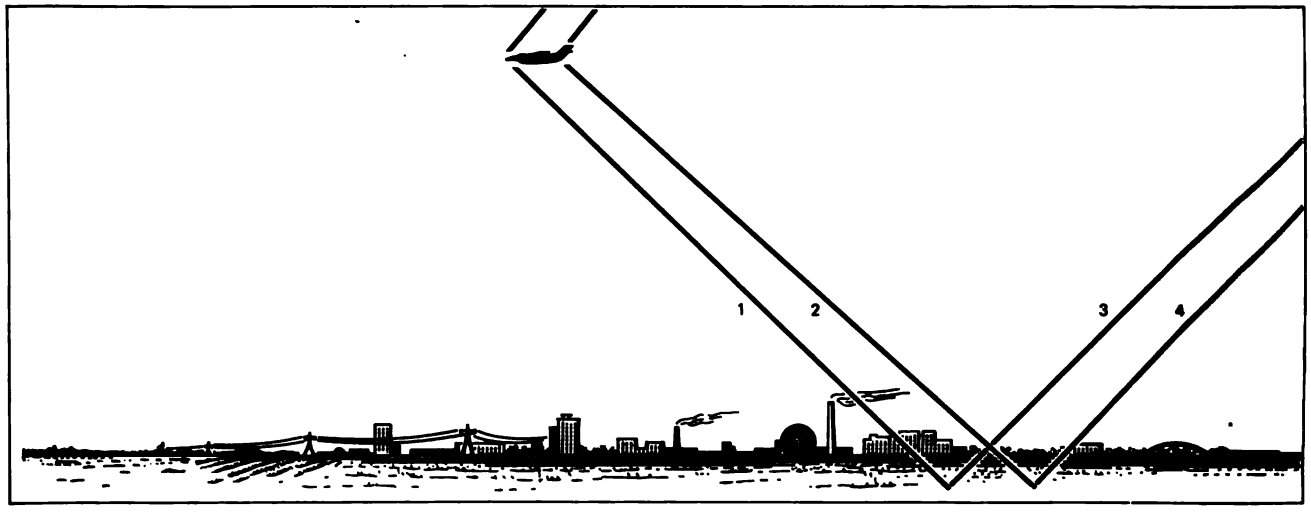
Однако формальное введение разрывных (обобщенных) решений в газовой динамике, как таких распределений параметров среды, которые удовлетворяют интегральным уравнениям баланса массы, импульса и энергии, приводит к ряду на первый взгляд неожиданных осложнений.

Оказывается, что эти уравнения для невязкого газа допускают движение поверхности разрыва его параметров в сторону не только меньшего давления (как и в реальных ударных волнах), но и

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Дешевые паровые дороги с деревянными рельсами. В США имеются рельсовые дороги, сделанные исключительно из дерева. Рельсы состоят из деревянных балок. Двигающиеся по ним легкие паровозы и вагоны снабжены колесами, шины коих имеют желобчатую форму. Это самые дешевые рельсовые дороги мира.

«Инженер»


1
2
3
4

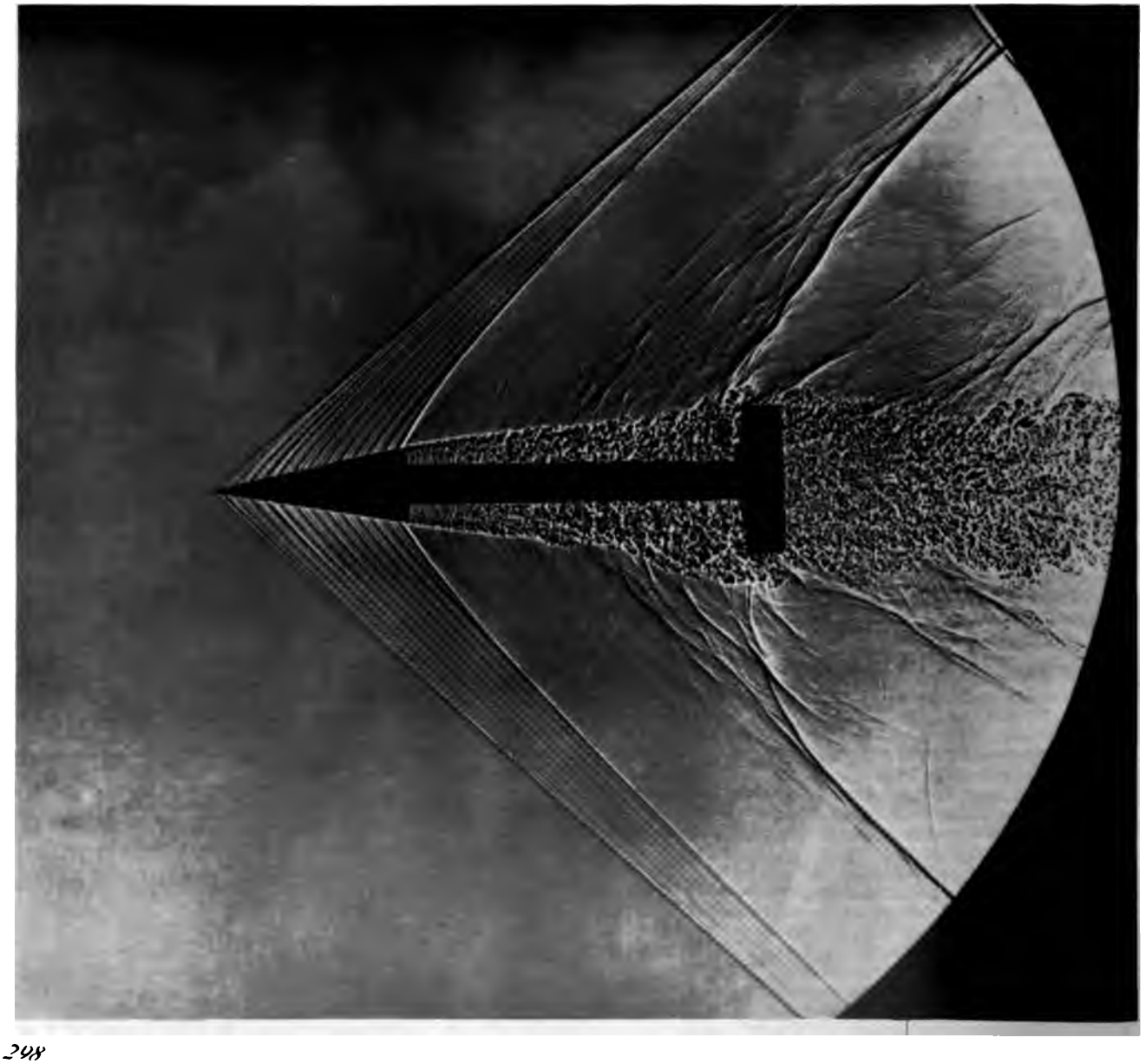


Рис. 1. Головная (1) и хвостовая (2) ударные волны, порождаемые летящим со сверхзвуковой скоростью самолетом. 3 и 4 — отраженные от поверхности Земли звуковые волны (очень слабые ударные волны). Скачки давления на всех четырех фронтах у поверхности Земли не превышают 100 Па, т. е. тысячной доли атмосферного давления

Рис. 2. Типичная картина обтекания заостренного осесимметричного тела сверхзвуковым потоком. Хорошо видны головная ударная волна, ударная волна от торца и турбулентный след (область сильного перемешивания) (В. С. Хлебников, ЦАГИ имени Н. Е. Жуковского)

большего. Мало того, может быть построено бесконечное множество различных разрывных решений, удовлетворяющих уравнениям баланса и отвечающих одному и тому же начальному (пусть даже гладкому) распределению параметров*.

Это противоречит здравому смыслу, неприемлемо с механической точки зрения и на самом деле есть следствие просчета, допущенного при определении обобщенного решения.

В более реалистической модели вязкого и теплопроводящего газа диссипативные (рассеивающие) процессы «успокаивают» его течение со временем: в частности, происходит перенос тепла от более горячих масс газа к более холодным, тормозятся быстро движущиеся частицы и ускоряются медленные. Здесь господствуют великие принципы термодинамики, и мы можем почувствовать, что значит необратимость реального процесса, и одновременно ощутить реальный ход времени, связывая его с протеканием реально наблюдаемых физических процессов.

Отказ от модели вязкого газа приводит к неоднозначности, потере устойчивости такого нелинейного процесса, как распространение разрывов параметров. В «невязкой» модели, если не вводить дополнительных ограничений, все процессы оказываются в принципе обратимыми, а в разрывных решениях теряется причинно-следственная связь между событиями.

Чтобы «вылечить» модель невязкого газа, надо сделать «совсем немного»: устранить из нее те поверхности разрыва, которые движутся в сторону бо́льших давлений и которые не воспроизводятся в действительности. Для этого в модель вводятся условия «допустимости» или устойчивости разрыва. Разрыв параметров газа, удовлетворяющий уравнениям баланса, устойчив (он есть ударная волна), если он может быть получен в результате эволюции первоначально непрерывного течения (данное условие, пригодное для простых газовых сред, можно еще переформулировать, например, так: при прохождении ударной волны, т. е. устойчивого разрыва, энтропия газа и давление возрастают).

Естественно, в «улучшенной» невязкой модели допускаются лишь устойчивые разрывы, т. е. «настоящие» ударные волны. Тогда течения невязкого газа, содержащие ударные волны, становятся необратимыми, устанавливается единственное направление хода времени. Можно сказать, что именно ударные волны взяли на себя функцию диссипации. Заметим, однако, что условия «допустимости» или устойчивости разрывов для сред со сложными уравнениями состояния в общей форме неизвестны.

Итак, если пренебрегать вязкостью и теплопроводностью воздуха, то его течение вокруг самолета описывается разрывными распределениями параметров газовой среды, удовлетворяющими интегральным уравнениям баланса массы, импульса и энергии при условии, что на всех разрывах выполняется условие устойчивости. Механики и причастные к механике математики глубоко убеждены, что так поставленная задача корректна и каждому начальному состоянию сплошной среды соответствует одно и только одно течение. Тем не менее общие теоремы подобного рода до сих пор не доказаны.

С 50-х годов нашего столетия начала бурно развиваться теория разрывных решений систем гиперболических уравнений, которая обобщает теорию ударных волн в газовой динамике. Ученые всего мира пытались и пытаются найти математическое обоснование этой теории. Легко понять, что проблема имеет не только чисто научное, но и большое практическое значение.

И хотя за прошедшие десятилетия в данной области были получены важные и интересные результаты, развиты новые методы исследования, в частности, разностные методы, позволяющие находить разрывные решения, в общем виде задача все-таки решена не была.

Теории разрывных решений и численным методам газовой динамики уделено большое внимание в монографии доктора физико-математических наук Б. Л. Рождественского и академика Н. Н. Яненко «Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике» (М., 1978), которая отмечена в 1985 г. Государственной премией СССР.

* В несовершенной математической модели газа не всегда решению, которое она допускает, отвечает реальное течение. В нашем случае из бесконечного множества решений лишь одно соответствует каждому конкретному начальному состоянию газа, и именно это одно решение должна выделять корректная модель.

Физика

Нобелевская премия по физике

В 1985 году Нобелевская премия по физике присуждена западногерманскому физику Клаусу фон Клитцингу *(von Klitzing)* за открытие квантового эффекта Холла.

Еще в 1879 году американским физиком Э. Холлом *(Hall)* было обнаружено, что в металлических пластинах с током, помещенных в магнитное поле, возникает электрическое поле в направлении, перпендикулярном магнитному полю и току. Такое электрическое поле возникает потому, что на электроны, движущиеся в магнитном поле, действует сила Лоренца, перпендикулярная их скорости и магнитному полю. Вследствие этого поток электронов как бы прижимается к одному из краев пластины, создает там избыточный заряд и тем самым разность потенциалов между боковыми краями пластины. Отношение холловской разности потенциалов к величине тока — холловское сопротивление — обратно пропорционально концентрации электронов. Эффект Холла — один из результативных методов исследования энергетического спектра носителей заряда в металлах и полупроводниках. Он используется для измерения сильных магнитных полей.

Многие годы проявляется большой интерес к исследованиям эффекта Холла в очень тонких металлических и полупроводниковых пленках — двухмерных системах, в которых электроны могут двигаться лишь в определенной плоскости. Для таких исследований нужна идеально ровная по толщине монокристаллическая сверхтонкая пленка из полуметалла или металла; изготовить ее весьма сложно. Однако такие двухмерные металлические электронные системы уже давно создаются в полупроводниковых устройствах — полевых транзисторах.

Полевой транзистор представляет собой продолговатый кристалл полупроводника (например, кремния), на одну из плоскостей которого нанесен слой диэлектрика (обычно — оксид кремния), а поверх последнего — слой металла, называемый затвором. Полупроводниковый кристалл снабжен двумя контактами (стоком и исто[illegible]

расположенными у его концов под затвором. Если к затвору приложить электрическое напряжение, притягивающее электроны, то в полупроводнике у границы с диэлектриком возникнет тонкий заряженный слой (канал), в котором электроны могут свободно перемещаться от истока к стоку. Электроны в канале находятся в металлическом состоянии. С этим связано важное свойство полевого транзистора: проводимость канала сохраняется вплоть до самых низких температур, хотя, как известно, полупроводник в таких условиях имеет нулевую проводимость. Концентрация свободных электронов в канале определяется только напряжением на затворе, и, следовательно, сопротивление току в полевом транзисторе изменяется под действием внешнего электрического поля, перпендикулярного току (этим, кстати, объясняется название прибора).

С двухмерностью «металлического» канала — слоя свободных электронов — связаны специфические особенности поведения полевого транзистора в магнитном поле. В частности, при низких температурах магнитное поле может создавать такое состояние, когда ток через транзистор течет почти без сопротивления. Этим не исчерпываются удивительные свойства двухмерных металлических систем. Исследования привели К. фон Клитцинга с сотрудниками к открытию квантового эффекта Холла.

Успехи в изучении двухмерных металлических систем и открытие квантового эффекта Холла во многом обязаны прогрессу технологии полупроводниковых приборов. Чтобы наблюдать квантовый эффект Холла, необходимо было добиться однородности канала полевого транзистора, сделав возможно более гладкой и совершенной границу раздела полупроводник — диэлектрик, а электрическое поле — возможно более однородным. В конце 70-х годов технология полупроводников позволила создать полевые транзисторы на основе кремния, имеющие достаточно однородный канал и высокую подвижность электронов в двухмерной системе.

Исследуя эффект Холла в двухмерном электронном газе полевого транзистора, помещенного в сильное магнитное поле, Клитцинг обнаружил совершенно иное поведение холловского сопротивления с изменением напряжения на затворе и, следовательно, концентрации электронов. В отличие от классического эффекта Холла, когда холловское сопротивление монотонно убывает с ростом концентрации электронов, в экспериментах Клитцинга наблюдались «ступеньки» на соответствующей кривой, причем при тех значениях напряжения на затворе, когда обычное сопротивление в канале падает до нуля. В этих экспериментах с изменением концентрации электронов холловское сопротивление то оставалось почти неизменным, то резко убывало. Клитцинг измерил высоту ступенек, которая, как оказалось, определяется только фундаментальными константами — постоянной Планка (h) и зарядом электрона (e) — и совсем не зависит от свойств вещества транзистора.

Физические явления, в которых измеряемые величины выражаются только через фундаментальные константы, представляют особый интерес. Прежде всего в таких случаях можно определить значения фундаментальных констант. На основе измерений холловского сопротивления Клитцинг предложил уточнить значение постоянной тонкой структуры ($e^2/\hbar c$), которая отличается от выражения для холловского сопротивления ($\pi\hbar/e^2$) наличием в знаменателе скорости света(c). Поскольку скорость света в вакууме известна с более высокой точностью, превышающей $3\cdot10^{-7}$%, появилась возможность уточнить значение постоянной тонкой структуры, известное с точностью до 10^{-6}%. Значение этой фундаментальной константы, характеризующей интенсивность электромагнитного взаимодействия, определенное на основе квантового эффекта Холла с такой же точностью, совпало с результатами определения ее другими методами. Этот новый независимый метод, возможно, наиболее точный из всех известных: физики надеются повысить точность измерений холловского сопротивления в несколько раз.

Квантовый эффект Холла, кроме того, представляет большой интерес для метрологии. Он может быть использован для создания универсального, независимого от материала и других условий эталона электрического сопротивления.

За шесть лет, прошедших со времени открытия квантового эффекта Холла, он был достаточно подробно изучен. Эффект воспроизведен в различных вариантах с использованием полевых транзисторов на основе разных полупроводников, полупроводниковых гетероструктур. Предложены теоретические модели для его объяснения. Открытие квантового эффекта Холла — одно из наиболее значительных событий в физике твердого тела за последнее десятилетие.

Полупроводниковые лазеры для молекулярной спектроскопии

Лазеры революционизировали развитие многих областей науки и техники, в особенности оптики и спектроскопии. Это относится как к атомной спектроскопии, так и к молекулярной.

Известно, что каждое вещество обладает сугубо индивидуальным спектром — распределением по частоте испускаемого или поглощаемого этим веществом электромагнитного излучения, иначе говоря, набором частот излучения, соответствующих переходам между энергетическими уровнями атомов или молекул, составляющих это вещество.

В отличие от спектров изолированных атомов, состоящих из отдельных узких спектральных линий, спектры молекул значительно сложнее. Наряду с электронными уровнями, обусловленными взаимодействием электронов с ядром, молекулы имеют колебательные и вращательные уровни, отвечающие соответственно колебаниям атомов в молекуле относительно друг друга и вращениям молекулы как целого. При этом электронные уровни отстоят далеко друг от друга, колебательные уровни расположены чаще, а вращательные — совсем густо. Переходам между колебательными уровнями соответствуют спектральные линии в инфракрасной области, а между вращательными — в области миллиметровых и сантиметровых волн. В последнем случае спектральные линии расположены очень тесно друг к другу, и в спектральных приборах с невысокой разрешающей способностью наблюдаются как сплошные сравнительно широкие полосы.

По характеру спектра, как известно, можно определять количество и вид молекул исследуемого вещества, причем это удобнее делать по спектру в инфракрасной области, где в сравнительно узком диапазоне частот расположены спектры практически всех молекул. Но необходима высокая разрешающая способность спектрального прибора. К тому же, поскольку в обычных условиях сами молекулы не излучают, приходится исследовать спектры поглощения молекул, пропуская через исследуемое вещество излучение от

СТО ЛЕТ НАЗАД

Итальянский физик А. Риги (впоследствии член Академии деи Линчеи) и французский физик С. Ледюк почти одновременно открыли, что в проводнике с перепадом температуры, помещенном в постоянное магнитное поле, перпендикулярное тепловому потоку, возникает вторичная разность температур в направлении, перпендикулярном первичному тепловому потоку и полю. Это термомагнитное явление получило название эффекта Риги—Ледюка.

Немецкий физик К. Браун (впоследствии член-корреспондент Берлинской Академии наук, лауреат Нобелевской премии) обосновывает установленный Ле Шателье принцип смещения термодинамического равновесия системы под влиянием внешнего воздействия. Ныне этот принцип носит название «принцип Ле Шателье — Брауна».

состояние вещества, отличное
ого и твердого. Молекулы
образующих жидкие кристал-
т удлиненную форму; в сере-
аходятся циклические группи-
па бензольных колец. Суще-
ми типа жидких кристаллов,
щихся по характеру укладки
В наименее упорядоченных,
ваемых нематических жидких
их молекулы расположены
параллельно друг другу,
ается некоторая средняя
ая ориентация, хотя нет
в распределении центров
молекул. (Именно эти кри-
применяются в оптических
обработки информации.)
структурой жидких кристал-
ны их своеобразные физичес-
ства: анизотропия упругости,
электро- и теплопроводности,
ческой и магнитной проницае-
дкие кристаллы относительно
меняют свою структуру под
электрических и магнитных
канических нагрузок. Влияние,
электрического поля на
кий жидкий кристалл сво-
воротy молекул относительно
сного положения, что, в свою
приводит к изменению двулу-
ления вследствие изменения
показателя лучей; при этом
кристаллы очень чувстви-
электрическому полю: иногда
ю напряжения в доли вольта,
зменить фазу проходящего
180°. Такое поведение, эквива-
юведению электрооптических
в, позволяет на основе жид-
аллов создать устройства для
я световыми пучками отобра-
формации.

детально изучили свойства
кристаллов, разработали
рию электрооптических явле-
х, комплексно исследовали
ения. При этом был обнаружен
вестных ранее эффектов, в
изменение цвета жидких кри-
легированных молекулами
й. В результате сформулиро-
ременные представления о
электрооптических явлений,
ны методы направленного
идких кристаллов с задан-
ствами.

ове этих фундаментальных
ний авторами предложены
оздания эффективных много-
фоточувствительных жидко-
ческих структур, управления
в таких структурах, созданы
ственно-временные модуля-
а и преобразователи изобра-
и устройства обладают боль-
вительностью, лучшей разре-
пособностью, чем зарубежные

ственно-временные модуля-
а на базе фоторефрактивных
кристаллов по своим характе-
удачно дополняют друг друга;
ряет круг решаемых задач,
обеспечивает оптимальный выбор типа устройства.

Фундаментальный вклад в нелинейную акустику

Акустика, изучающая упругие (звуковые) колебания и волны, их взаимодействие с веществом, до середины XX века развивалась как линейная теория, в основе которой лежит принцип суперпозиции. Согласно этому принципу результирующий эффект нескольких воздействий представляет собой сумму (наложение) эффектов, обусловленных каждым воздействием в отдельности. Системы, к которым применим этот принцип, описываются линейными соотношениями.

Нелинейные явления возникают в интенсивных акустических полях различного диапазона частот (от инфра- до ультразвука), когда существенна нелинейность деформаций среды. К таким явлениям относятся: изменение формы волны в процессе ее распространения, возникновение так называемых комбинационных тонов при рассеянии звука на звуке, самофокусировка волны, давление звукового излучения, кавитация и др. Нелинейные эффекты в акустике можно рассматривать как результат изменения свойств среды, вызванного распространяющейся звуковой волной и влияющего как на данную волну, так и на ее взаимодействие с другими волнами. В отличие от явлений линейной акустики, которые определяются только частотой и скоростью распространения звуковых волн, нелинейные эффекты зависят еще и от амплитуды волны. Для описания нелинейных эффектов линейная теория звука недостаточна, и необходимо учитывать нелинейные члены уравнений гидродинамики и уравнений состояния.

Быстрое развитие нелинейной акустики началось в 50-е годы в связи с возраставшими потребностями практики, в частности с задачами ультразвуковой технологии, техники борьбы с шумами, задачами акустики океана и атмосферы. Фундаментальный вклад в развитие нелинейной акустики внесли советские ученые. За разработку физических основ нелинейной акустики и ее приложений коллектив сотрудников Института общей физики АН СССР, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Института прикладной физики АН СССР, Акустического института им. Н. Н. Андреева АН СССР и Таганрогского радиотехнического института им. В. Д. Калмыкова удостоен Государственной премии СССР 1985 года.

В результате многолетнего цикла исследований выяснены основные закономерности поведения интенсивных акустических волн, предложены новые принципы их излучения и приема, открыты новые нелинейные явления, развита общая теория распространения мощных акустических волн с учетом факторов затухания, дифракции, дисперсии и неоднородности среды.

Обнаружены сильные накапливающиеся искажения профиля ультразвуковой волны конечной амплитуды в жидкости. Такое искажение обусловлено, в частности, разницей в скоростях перемещения различных точек профиля волны, поскольку скорость звука в области сжатия больше, чем в области разражения; к тому же в области сжатия среда движется в направлении распространения волны, а в области разрежения — в противоположном. Влияние этих и других накапливающихся эффектов существенна для волн достаточно большой амплитуды. Авторы наблюдали формирование пилообразной волны, увеличение затухания с ростом амплитуды и эффект нелинейного ограничения мощности, передаваемой через слой жидкости. Разработана асимптотическая теория нелинейных волн с непрерывно меняющимся профилем, предложены новые эволюционные уравнения для волн в средах без дисперсии, в которых волны разной частоты распространяются с различными скоростями.

Исследуя нелинейное взаимодействие акустических волн, авторы впервые обнаружили эффекты модуляции звука звуком и рассеяния звука на звуке. На основе этих работ была выдвинута и реализована значительно раньше, чем за рубежом, идея использования нелинейных свойств среды для создания низкочастотных малогабаритных антенн, получивших название параметрических. Принцип действия такой антенны состоит в следующем. Излучаются две параллельные высокочастотные акустические волны накачки, при распространении которых в среде возникает поле более низкой, разностной

СТО ЛЕТ НАЗАД

Один из пионеров телефонии русский изобретатель Е. И. Гвоздев предложил схему телефонирования по телеграфным проводам, содержавшую фильтрующее устройство, которое ответвляло разговорный ток в телефон, а телеграфные импульсы — в телеграфный аппарат. Эта система получила в свое время распространение на железнодорожном транспорте.

Русский инженер К. А. Мосцицкий впервые выдвинул идею релейной (без искателей) автоматической телефонной станции. Сконструированный им «самодействующий коммутатор» производил соединения шести абонентов без участия телефонисток.

Высокая спектральная яркость этих лазеров, на 5—6 порядков превосходящая яркость некогерентных источников инфракрасного излучения, и возможность в достаточно широких пределах перестраивать частоту позволили развить молекулярную спектроскопию высокого разрешения. Чтобы построить лазерные спектрометры на основе перестраиваемых полупроводниковых лазеров, ширина энергетической щели и, следовательно, частота излучения которых зависит от внешних факторов, в частности температуры, необходимо было создать систему стабилизации частоты. Это удалось осуществить, используя импульсный режим работы лазеров.

Авторами создан ряд приборов, отличающихся уникальной чувствительностью и быстродействием, построены лазерные спектрометры с разрешающей способностью на 3 порядка выше обычных. Эти спектрометры позволяют выявить тонкую структуру полос поглощения, связанную с колебательными и вращательными уровнями молекул. Спектрометры, работающие в режиме коротких импульсов, удобны для регистрации быстропротекающих процессов, возбужденных состояний молекул.

С помощью лазерных спектрометров решен ряд задач молекулярной спектроскопии высокого разрешения. Благодаря большой чувствительности лазерных спектрометров их успешно применяют для газового анализа смесей в технологии сверхчистых веществ. Осуществлен анализ изотопного состава различных элементов.

Весьма важным и перспективным оказалось применение спектрометров на основе полупроводниковых лазеров для обнаружения примесей в атмосфере. Вследствие высокой спектральной яркости лазеров и связанной с этим высокой чувствительности спектрометров стало возможным надежно регистрировать ничтожные примеси. Авторами созданы так называемые трассовые измерители, определяющие концентрации различных газов в атмосфере на отрезках (трассах) до 1 км. В этих приборах лазерный луч, отразившись от установленного на некотором расстоянии отражателя, попадает в фотоприемник. По степени ослабления луча на частотах, соответствующих линиям поглощения тех или иных молекул, можно судить о концентрации соответствующих примесей. Приборы позволяют обнаружить одну молекулу примеси на миллиард молекул воздуха. Одно из важнейших применений трассовых измерителей — контроль состояния окружающей среды. Разработан, в частности, трассовый измеритель концентрации окиси углерода с автоматической системой обработки сигнала, позволяющий регистрировать содержание окиси углерода в атмосфере. Могут фиксироваться даже такие изменения окружающих условий, которые вызываются приближением к приборам самих исследователей.

Фоторефрактивные и жидкие кристаллы

Перспективы развития средств обработки информации в наше время связываются с использованием оптических методов. В этом плане большой интерес представляет изучение физических явлений в электрооптических средах — фоторефрактивных и жидких кристаллах. Цикл фундаментальных исследований таких кристаллов как важной составной части элементной базы оптических систем обработки информации, выполненный коллективом сотрудников Института кристаллографии им. А. В. Шубникова АН СССР, Физического института им. П. Н. Лебадева АН СССР, Института электроники АН БССР, Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР и Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР, удостоен Государственной премии СССР 1985 года.

Важнейший элемент оптических систем обработки информации — пространственно-временные модуляторы света, играющие в системах ту же роль, что ламповые триоды и транзисторы в электронике. С помощью таких модуляторов можно записывать оптическую информацию в виде голограмм, преобразовывать инфракрасное излучение в видимое или обрабатывать большие массивы информации. Создание этих модуляторов света потребовало фундаментальных исследований в физике твердого тела, оптике, квантовой электронике. Наиболее интересные результаты здесь были получены в области фоторефрактивных и жидких кристаллов, большой вклад в изучение которых внесли советские ученые.

Фоторефрактивными называются такие среды, показатель преломления которых изменяется под действием света. Если кристалл, обладающий этим свойством, осветить пространственно неоднородным светом и приложить к нему электрическое поле, то в освещенных местах возбуждаются электроны, которые из области возбуждения удаляются приложенным полем. В результате в освещенных местах создаются положительно заряженные зоны, повторяющие распределение освещенности кристалла. Таким образом, в кристалле возникает соответствующее распределение электрического поля, которое благодаря электрооптическому эффекту* модулирует показатель преломления кристалла. Записанное таким путем распределение освещенности (изображение) можно считывать поляризованным светом. При равномерной засветке фоторефрактивного кристалла информация стирается.

Авторы цикла изучили физику процессов записи и считывания информации в фоторефрактивных кристаллах. Исследованы дифракционные эффекты в таких кристаллах, теоретически предсказаны и обнаружены новые явления, позволяющие, в частности, проводить неразрушающее считывание объемных голограмм. На основе детального изучения физических условий записи и считывания голограмм в фоторефрактивных кристаллах разработаны схемы голографической интерферометрии для контроля поверхностей вибрирующих изделий, неразрушающего контроля изделий в непрерывном режиме.

Авторы создали пространственно-временные модуляторы света, существенно превосходящие зарубежные аналоги по информационной емкости и чувствительности. В процессе этой работы обнаружена динамическая селекция изображений. Суть ее в том, что при воздействии на фоторефрактивный кристалл лучом света, имеющим как постоянную, так и переменную по времени составляющую, в считывающем луче выделяется только переменная составляющая. На основе этого явления могут быть созданы устройства оптической обработки динамических изображений, выделяющие нестационарную часть сложных изображений, например обнаруживающие мерцающие, движущиеся объекты.

Широкое применение в оптических системах обработки информации получают жидкие кристаллы — вещества, соединяющие свойства жидкостей и твердых тел. Они текучи и вместе с тем обладают некоторыми свойствами кристаллов: молекулы в них упорядочены, имеют определенную пространственную ориентацию. По существу, эти

* Электрооптический эффект — влияние электрического поля на оптические свойства среды (в частности, появление оптической анизотропии в твердых телах).

СТО ЛЕТ НАЗАД

Французский физикохимик и металловед А. Ле Шателье (впоследствии член Парижской академии наук, иностранный почетный член Академии наук СССР) разработал термоэлектрический пирометр для измерения высоких температур.

Сербский ученый в области электротехники и радиотехники Н. Тесла разработал конструкцию двухфазного асинхронного электродвигателя.

Американский изобретатель Т. А. Эдисон конструирует для железнодорожного транспорта электрический тормоз, работа которого основана на использовании токов Фуко.

бытиям с высокоэнергетичес-
оном и адронными струями,
интерпретируются как распад
а, прибавилось еще шесть,
туация по-прежнему остается
ечной. Вывод таков: существо-
н-кварка требует подтвержде-

обсуждений вызвало сообще-
открытии в Канаде в 1984 г.
нейтрино с массой 17 кэВ. На
ции были приведены убеди-
экспериментальные данные,
ствующие об ошибочности
водов. Тяжелого нейтрино
кты не существует. Не ослабе-
рес к вопросу о массе легкого
юго нейтрино и связанному с
нию нейтринных осцилляций.
ии потока нейтрино возни-
езультате превращения нейт-
ого сорта в нейтрино другого
о возможно, если нейтрино
Здесь ситуация не измени-
прежнему имеется противоре-
ду реакторными опытами в
анция), где «наблюдаются»
ии, и в Гёсгине (Швейцария),
видно. Что касается опытов по
трития, то результат группы
теоретической и эксперимен-
физики (Москва) — масса
юго нейтрино равна 33 ± 1,1 эВ
подтвержден и не опроверг-
в мире готовится 16 однотип-
риментов. Однозначных отве-
вопросы еще нет.

протона. Примечательно, что
вующая секция в этот раз
сь «стабильность протона», а
абильность», как ранее. Это
отсутствие новых данных о
протона. Имеющиеся ранее
кладываются в уровень фона.
ремени жизни протона сейчас
га до $4 \cdot 10^{31}$ лет.

популярны сейчас модели
йствий элементарных частиц,
щие симметрией нового типа,
щей фермионы и бозоны. Она
название суперсимметрии.
иск суперсимметричных парт-
ичных частиц также пока не
успехом.

ментальной сенсацией кон-
в Бари явились данные
кого происхождения. Речь
понятном источнике мюонов и
нтов колоссальной энергии в
Лебедя. Две подземные уста-
едназначенные для поисков
протона, СУДАН (США) и
(Италия), наблюдают гамма-
энергией порядка 10^5 ТэВ, при-
из участка неба в направлении
/С ХЗ, а также мюоны с энер-
ло 1 ТэВ. Сигнал имеет перио-
характер с продолжительно-
а в несколько часов и содер-
пика убывающей интенсивно-
акого разумного объяснения
ия частиц таких энергий и
остей не найдено. Следует,
метить, что другие подобные
, отличные по своим парамет-
трам, такого сигнала не видят. Исчезнет ли этот эффект со временем, как это уже произошло со многими аномальными событиями, найдут ли ему обычное объяснение или, быть может, мы видим что-то действительно новое, лежащее за пределами стандартной теории, покажет ближайшее будущее.

Господствующей теоретической идеей конференции, связанной с новейшим развитием теории и выходом за рамки стандартных представлений, явилась идея суперструны в многомерном пространстве. Основным фундаментальным объектом этой теории является протяженный объект — струна, имеющая также спиновые и внутренние (калибровочные) степени свободы. Квантовая теория этой суперсимметричной спиновой струны может быть сформулирована непротиворечивым образом только в 10-мерном пространстве-времени. При этом такая струна обладает рядом замечательных свойств. Она свободна от ультрафиолетовых расходимостей — «бича» локальной квантовой теории поля — и от квантовых аномалий, если калибровочная группа имеет размерность 496. На расстояниях, бо́льших планковского масштаба (10^{-33} см), суперструна в пределе дает локальную квантовую теорию поля. Теория суперструны являет собой «теорию всего сущего», объединяющую в себе все четыре типа фундаментальных взаимодействий, включая гравитацию, и содержит их в качестве низкоэнергетических эффективных теорий. Переход к наблюдаемой сейчас размерности пространства (4) достигается на основе гипотезы компактификации «лишних» пространственных измерений в области радиуса порядка 10^{-33} см.

Теория суперструны привлекает сейчас к себе всеобщее внимание, ибо претендует на описание всего известного нам мира элементарных частиц на единой элегантной основе. В качестве аргументов в пользу такой теории выдвигаются ее математическое изящество, выделенность среди широкого класса объединительных схем, самоизбирательность (только фиксированное значение размерности пространства, калибровочной группы и т. д.), наличие ряда уникальных привлекательных свойств (конечность, отсутствие аномалий и т. д.), неразрывное единство доселе независимо существующих физических и математических сущностей. Однако сейчас нельзя указать ни на какое экспериментальное подтверждение выдвигаемых смелых гипотез. Даже простая суперсимметрия еще не нашла экспериментального проявления. Многие вопросы новой теории, в том числе феноменология, еще только разрабатываются, и, если оптимизм оправдается, нас ожидают самые невероятные открытия.

Астрономия

Золотая медаль имени М. В. Ломоносова

Президиум Академии наук СССР присудил Золотую медаль имени М. В. Ломоносова за 1985 год профессору Г. Аро *(Haro,* Мексика) за выдающиеся достижения в области астрофизики.

Г. Аро — основатель современной мексиканской астрономии, автор крупных работ по ряду направлений в области астрофизики, в частности, по проблемам, связанным с наиболее ранними стадиями эволюции звезд. Большое научное значение имеют обнаруженные Г. Аро необычные по своей природе молодые образования, получившие позднее название объектов Хербига — Аро*.

С именем Г. Аро связано открытие первых вспыхивающих звезд в молодых звездных системах, соответствующих одной из наиболее ранних стадий в развитии карликовых звезд. В дальнейшем под руководством Г. Аро были открыты сотни вспыхивающих звезд, что способствовало установлению эволюционного статуса молодых звездных систем.

Г. Аро принадлежит цикл работ по наблюдению планетарных туманностей, приведших к изменению сложившихся представлений о распространенности этих объектов.

Углублению знаний о внегалактических областях способствовали открытия, сделанные Г. Аро при исследовании слабых голубых звездообразных объектов и особенно голубых галактик. Эти работы положили начало систематическому изучению галактик с активными ядрами во всем мире.

Г. Аро работал на крупнейших телескопах национальных обсерваторий, в том числе в Тонанцинтла и Сан-Педро.

Более десяти лет он возглавлял созданный по его же инициативе Национальный институт астрофизики, оптики и электроники в Тонанцинтла. В настоящее время Г. Аро — сотрудник Института астрономии Национального автономного университета Мексики.

* «Области звездообразова-

Г. Аро опубликовал более 70 работ, многие из которых заложили основы актуальных направлений современной астрофизики.

Г. Аро избран почетным доктором нескольких университетов, в течение ряда лет (1961—1967 гг.) первым из латиноамериканских астрономов был вице-президентом Международного астрономического союза.

Итоги программы МЕРИТ

В августе 1985 г. в Колумбусе (США, шт. Огайо) состоялась международная конференция по вращению Земли и опорной земной системе координат. В конференции, организованной Университетом шт. Огайо при поддержке Международного астрономического союза (МАС) и Международного геодезического и геофизического союза, участвовали ученые 20 стран, в том числе и Советского Союза. На конференции были подведены итоги международной программы МЕРИТ* по изучению вращения Земли современными методами, подготовлены рекомендации по реорганизации Международного бюро времени и Международной службы движения полюса.

Почти 100 лет назад американский астроном и геодезист С. К. Чандлер, изучив результаты определения широт на многих обсерваториях за полтора века, нашел, что колебания широты вызываются перемещением полюса Земли и происходят с периодом 430 сут (14 месяцев). Открытие Чандлера и послужило стимулом для создания упомянутых служб.

Осуществляя программу МЕРИТ, специалисты многих стран объединили свои усилия с тем, чтобы определить скорость вращения Земли и изучить движение ее полюсов по наблюдениям спутников, Луны и внегалактических радиоисточников с помощью лазерной и радиоинтерферометрической техники. В течение 14 месяцев с 1 сентября 1983 г. по 1 ноября 1984 г. 27 лазерных станций для наблюдений спутников, 3 обсерватории с установками для лазерной локации Луны, 8 радиотелескопов и несколько десятков оптических астрометрических инструментов проводили регулярные измерения, целью которых было получить разными методами одни и те же параметры вращения Земли, т. е. определить, как меняются продолжительность суток (уточнение шкалы Всемирного времени) и положение полюса Земли.

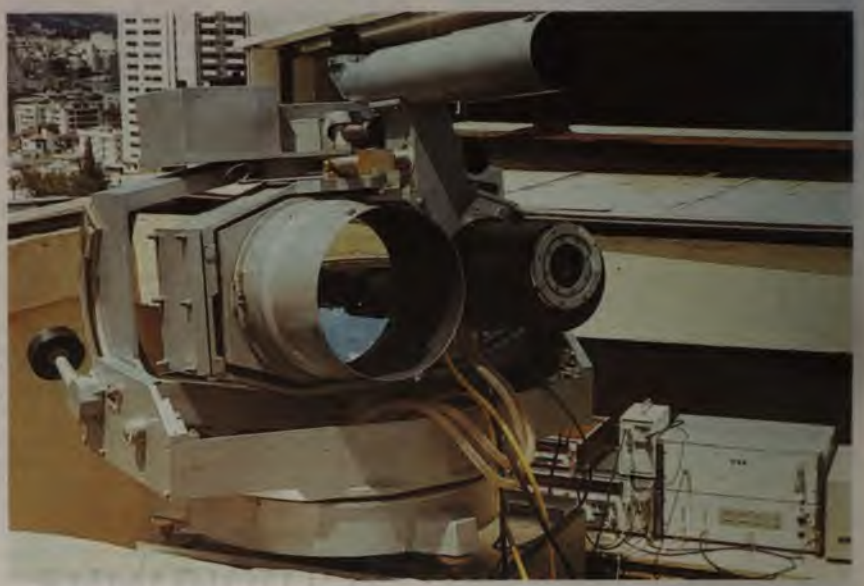
Что же показала программа?

Для определения Всемирного времени наиболее совершенен метод радиоинтерферометрии с длинной базой: ошибка, полученная из сравнения многих серий измерений, здесь составила всего 0,1 мс с разрешением по времени в несколько часов.

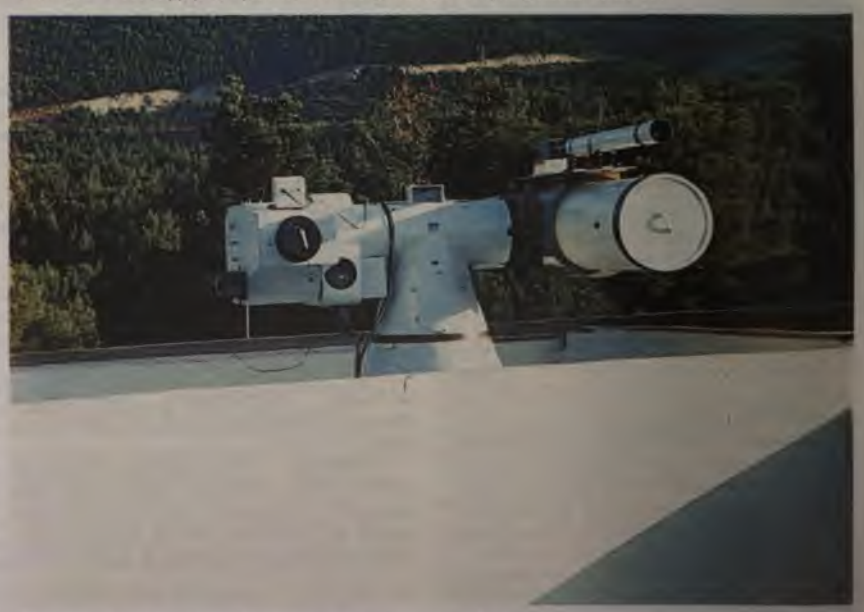
Американский спутник «Лагеос», наблюдения которого вели лазерные дальномерные установки по программе МЕРИТ

Радиотелескоп Крымской астрофизической обсерватории АН СССР в Симеизе, принимавший участие в программе МЕРИТ

Радиотелескоп, использовавшийся в радиоинтерферометрических наблюдениях по программе МЕРИТ и расположенный в Швеции



Лазерный дальномер «Интеркосмос» Астрономического совета АН СССР на станции в Эквадоре, принимавший участие в программе МЕРИТ



Лазерный спутниковый дальномер станции в Греции

* Подробнее об этой программе см. ежегодник «Наука и человечество. 1985» (с. 311—312). — *Ред.*

При этом методе один и тот же внегалактический радиоисточник одновременно наблюдается двумя или несколькими радиотелескопами, разнесенными на большие расстояния, что позволяет измерять скорость вращения Земли. Радиосигнал от источника поступает на антенны телескопов неодновременно: запаздывание обусловлено тем, что радиоволны проходят разные по длине пути до антенн. Каждый телескоп оборудован высокоточными часами, с помощью которых регистрируется время запаздывания, непрерывно меняющееся из-за вращения Земли.

Если обратиться к измерениям координат полюса, то точность и радиоинтерферометрии и лазерных наблюдений спутников примерно одинакова: 0,001—0,002″, что составляет 3—5 см на поверхности Земли, но во втором случае она достигается на интервале времени около 5 сут, а в первом — всего лишь за 1—2 ч.

Всесторонний анализ данных программы показал, что в ближайшие 5—10 лет по точности, временно́му разрешению и стабильности результатов любая другая инструментальная техника может не более чем приблизиться к радиоинтерферометрам. Их длительное и систематическое использование для изучения изменений во вращении Земли и ориентации ее оси обещает значительно расширить наши знания о геофизических причинах, вызывающих неравномерности такого рода, связях между процессами, протекающими внутри Земли и в ее атмосфере, и чандлеровскими вариациями в движении полюса.

К сожалению, в программе участвовали всего лишь 3 станции лазерной локации Луны, однако потенциальные возможности метода в определении координат полюса и Всемирного времени, судя по всему, очень велики. Правда, эффективность здесь в значительной мере зависит от метеорологических условий в момент наблюдений.

Наконец, оптическая астрометрия тоже дала высококачественные результаты, но по точности они на порядок хуже, чем при лазерной локации и радиоинтерферометрии, да и трудоемкость обработки данных, сильная зависимость от погодных условий и ряд других причин отодвигают этот метод на второй план.

Возможности инструментальных средств были главной, но не единственной проблемой, которую нужно было обсудить, прежде чем принимать рекомендации. Например, важно было выяснить, можно ли будет с помощью новой техники проводить регулярные наблюдения в течение продолжительного времени, будут ли полученные результаты достаточно доступны широкой научной общественности, какой окажется их стоимость и как финансировать эти работы. Вопросы непростые. Одно из условий, при которых обеспечивается достоверность данных о вращении Земли, — равномерное распределение станций по всей ее поверхности. Регулярные службы требуют не менее 15 постоянно действующих лазерных станций, 7—8 радиотелескопов, причем половина из них должна находиться в Южном полушарии. В период проекта МЕРИТ существующие сейчас инструменты работали очень интенсивно, но ведь это был только эксперимент, в котором испытывалась техника и проверялись методы обработки данных, и в его успехе были прежде всего заинтересованы сами специалисты, создавшие и эксплуатирующие новую аппаратуру.

В подготовленном проекте резолюции для Международного астрономического союза предлагалось образовать с 1 января 1988 г. взамен Международного бюро времени и Международной службы движения полюса Международную службу вращения Земли. На новую службу, использующую в своей работе результаты лазерных наблюдений Луны и искусственных спутников Земли, а также радиоинтерферометрических наблюдений удаленных источников, возлагается обязанность отслеживать параметры вращения Земли в глобальном масштабе и поддерживать единую земную систему координат, связанную со специально отобранными опорными станциями.

В ноябре 1985 г. XIX Генеральная ассамблея МАС (Дели, Индия) утвердила эту резолюцию, а также приняла решение о продолжении работ по программе МЕРИТ до тех пор, пока не начнет функционировать новая служба. Ассамблея отметила, что астрометрические методы еще могут быть полезными в части определения Всемирного времени. Предложено создать специальную рабочую группу, которая изучила бы будущую роль классических астрометрических наблюдений в работах по улучшению звездных каталогов и в исследовании таких геофизических явлений, как изменение местной вертикали.

Где и как ускоряются космические лучи?

Космические лучи представляют собой приходящие из космоса ядра различных химических элементов, которые обладают огромными кинетическими энергиями (вплоть до 10^{20} эВ), сравнимыми с энергией движения макроскопических тел. Энергетический спектр таких сильно ускоренных частиц описывается степенной функцией с практически постоянным в широком энергетическом диапазоне и одинаковым для различных их сортов показателем, равным приблизительно — 2,7. Это означает, что концентрация частиц с энергией, превосходящей некоторую выбранную величину, скажем, в 10 раз, будет в $10^{2,7}$ раз, или приблизительно в 500 раз, меньше, чем у частиц с исходной энергии.

Существенно по-другому выглядит спектр частиц, находящихся в тепловом равновесии: основная их доля имеет энергию, близкую к средней тепловой, а по мере увеличения энергии концентрация частиц стремительно падает. Нетепловой характер спектра космических лучей (нетепловой механизм их генерации), а также ограниченность времени, в течение которого они удерживаются галактическими магнитными полями, указывают на то, что существуют какие-то процессы, порождающие подобные частицы, восполняющие потери их энергии и компенсирующие их утечку.

Изучая процессы генерации (ускорения) заряженных частиц в космическом пространстве, современная космофизика получает результаты, не только имеющие самостоятельную научную ценность, но и широко используемые в геофизике, солнечно-земной физике, астрофизике.

Многочисленные прямые эксперименты, выполненные в межпланетном пространстве, а также радиоастрономические наблюдения свидетельствуют, что наиболее интенсивно заряженные частицы ускоряются в условиях крупномасштабных движений космической плазмы.

Динамика космической плазмы определяется коллективными (групповыми) взаимодействиями, поскольку плотность межзвездного вещества крайне мала и парные столкновения между отдельными частицами чрезвычайно редки. Такую плазму называют бесстолкновительной. Практически полная ее ионизованность и отсутствие столкновений между частицами обусловливают идеальную проводимость среды, что приводит к «вмороженности» магнитного поля: его силовые линии движутся вместе с плазмой. При турбулентном (с сильным перемешиванием) движении плазмы конфигурация поля становится очень сложной, запутанной. В нем появляются разного рода неоднородности, к которым, в частности, относятся области с повышенной напряженностью. Траектория энергичной частицы в подобном поле также будет нерегулярной: взаимодействия с его неоднородностями, сильно меняющие направление движения частицы могут рассматриваться как своего рода столкновения с массивными рассеивающими центрами.

При этом если частица движется навстречу центру, то при столкновении она приобретает энергию, если же догоняет его, то теряет. Как показал в 1949 г. итальянский физик Э. Ферми, в среднем энергия частиц должна увеличиваться вследствие того, что частота встречных («лобовых») столкновений неизбежно выше, чем «догоняющих». И хотя механизм Ферми не позволяет частицам набирать энергию достаточно быстро, к основному его элементу — изменению энергии при взаимодействии с движущимися неоднородностями магнитного поля бесстолкновительной плазмы — часто прибегают, чтобы объяснить процесс генерации космических лучей.

зможность их регулярного уско-
а фронтах бесстолкновительных
х волн указали доктор физико-
тических наук Г. Ф. Крымский
ий филиал СО АН СССР, Инсти-
мофизических исследований и
мии — ИКФИА) и одновременно с
несколько позже ряд зарубеж-
оров. В последние годы теорией
го процесса занимались многие
ватели и, в частности, сотруд-
ого института.

цем случае фронт ударной вол-
котором происходит резкий ска-
тности, давления, температуры
х параметров, перемещается со
уковой скоростью, в несколько
ьшей, чем у вещества за фрон-
вовлекает в движение новые
ред ним. В бесстолкновительной
на фронте возбуждаются раз-
волны, турбулизующие среду. В
ие вовлекаются не только
ные частицы, но и неоднородно-
нитного поля, «вмороженные» в
Однако наиболее энергичные
могут пересекать фронт бес-
вительной ударной волны без
венного изменения скорости. На
хематически показано строение
кновительной ударной волны
ьку скорости фронта и среды за
к правило, гораздо больше хао-
х скоростей рассеивающих
перед ним, здесь для простоты
ается, что центры перед фрон-
ходятся в покое, а за ним дви-
о скоростью среды).

некоторые заряженные частицы
энергию, достаточную для того,
свободно преодолеть фронт, то
жде чем будут захвачены удар-
ной) могут несколько раз пере-
о, «отскочив» от неоднородно-
ля. Благодаря тому что рассе-
е центры, расположенные по
стороны от фронта, сближают-
исходят одни лишь встречные
вения, которые значительно
вают энергию подобных частиц.
четов следует, что в процессе
регулярного (или диффузионно-
орения формируется степенной
ический спектр частиц с показа-
зависящим только от того,
ко сжата плазма на фронте.
пичных условий сжатия пока-
оказывается близким к наблю-
у.

нейшие исследования показали
о эффективность данного меха-
ускоренным частицам, которых
тельно мало в плазме, может
ваться порядка половины эне-
направленного движения. Это
т, что, рассматривая процесс
ии ускоренных частиц, нужно
льно учитывать их воздействие
уктуру ударной волны. Такая
я связь регулирует плотность
ускоренных частиц и соответ-
толщину фронта. При малой
ускоряться будет значитель-
я частиц, в том числе и имеющих
тельно небольшую энергию, как

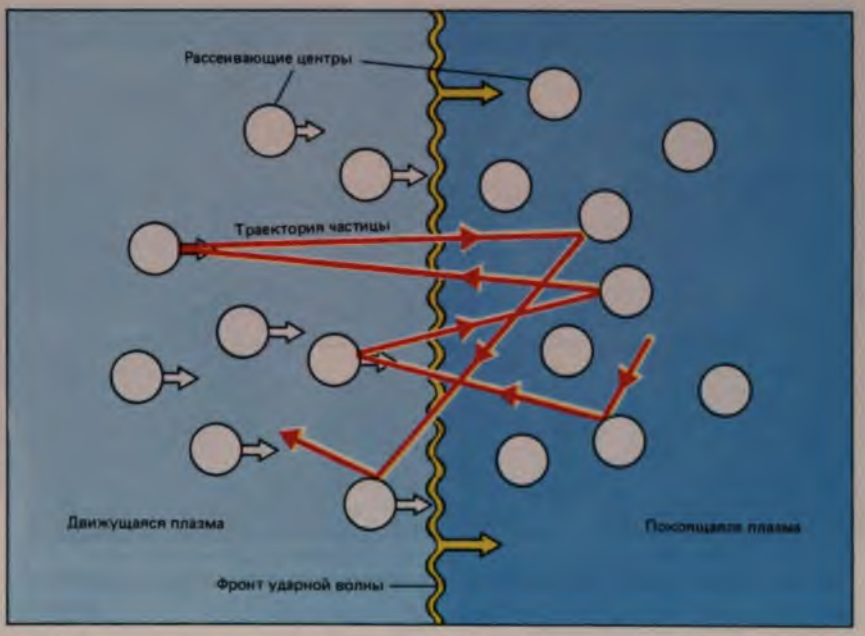


Рис. 1. Ускорение заряженной частицы на фронте идеализированной ударной волны в бесстолкновительной плазме (без учета изменения фронта вследствие ускорения частиц). Частица, находящаяся в окрестностях фронта, многократно испытывает встречные столкновения с рассеивающими центрами, благодаря чему увеличивается ее скорость (кинетическая энергия)

следствие увеличится плотность энергии, заключенной в космических лучах. Обладая большей, чем у фоновых частиц, «подвижностью», космические лучи повысят эффективную вязкость среды (количество разного рода взаимодействий), в которой распространяется фронт, что приведет к росту его толщины. При утолщении же из режима ускорения будут исключаться наименее энергичные частицы, т. е. повысится энергетический порог для ускоряемых частиц и, следовательно, снизится плотность энергии ускоренных частиц. В конечном итоге установятся равновесные значения всех величин.

Значительная энергия, содержащаяся в ускоренных частицах, вызывает движение невозмущенной среды на заметном расстоянии до фронта: перед ним появляется предфронт — протяженная область слабого сжатия плазмы, предшествующая ударной волне (рис. 2). В обычном газе подобные эффекты возникают только в случае чрезвычайно сильного разогрева на фронте, сопровождающегося свечением вещества и лучистым выносом энергии в область, которая располагается перед ударной волной.

Таким образом, космические лучи — не только «побочный» продукт крупномасштабных движений плазмы, но и важный фактор, во многом определяющий динамику подобных процессов.

Теория регулярного ускорения находит приложение в астрофизике, в первую очередь для описания таких объектов, как сверхновые звезды, вспышки которых сопровождаются распространением сферической ударной волны. Оценка величины энергии, сообщаемой частицам, показывает, что их регулярное ускорение при вспышках сверхновых может служить источником космических лучей в нашей Галактике. Кроме того, многие наблюдаемые особенности радиоизлучения, приходящего от остатков сверхновых (например, оболочечная структура радиопортрета), могут быть объяснены, если предполагать, что речь идет об излучении электронов, разогнанных регулярным механизмом до близких к световым скоростей и движущихся в магнитном поле (синхротронном излучении).

СТО ЛЕТ НАЗАД

Американский физик Г. Роуланд, чье изобретение вогнутой дифракционной решетки и создание для ее изготовления делительной машины значительно расширило возможности спектроскопии, составил фотографический атлас солнечного спектра в диапазоне волн 7594—2947 ангстрем.

Английский физик-экспериментатор Ч. Бойс (впоследствии президент Лондонского физического общества) изобрел радиомикрометр и измерял им тепло, распространяющееся от Луны и планет.

Рис. 2. «Структура» ударной волны (профиль скорости) в плазме с ускоренными частицами (сплошная линия) и без них (прерывистая линия). В случае, когда ускоренные частицы присутствуют, они проникают далеко вперед и образуют протяженную область с плавно меняющейся скоростью (предфронт)

Рассчитанные на основе теории регулярного ускорения характеристики космических лучей соответствуют экспериментально наблюдаемым. Это касается, в частности, спектра абсолютных значений потока, величины максимальной энергии, пространственного распределения и временной эволюции ускоренных частиц.

Сейчас реальность этого сопровождающего распространение ударных волн в космическом пространстве процесса не вызывает сомнений.

Другой широко распространенный тип крупномасштабных движений космической плазмы — сдвиговые течения, в которых скорость среды меняется вдоль направления, перпендикулярного потоку. В обычном газе такие течения возникают, например, при обтекании потоком различных тел. Из-за вязкости в пограничном слое прилегающие к телу струи покоятся, а внешние имеют скорость потока. В зоне сдвигового течения происходит вязкий нагрев среды за счет уменьшения кинетической энергии потока. Вязкое взаимодействие между слоями газа (трение) обеспечивают непосредственно молекулы вещества. В космической же плазме роль вязкого агента, как уже говорилось, частично берут на себя высокоэнергичные частицы, поглощающие определенную долю кинетической энергии сдвигового течения. Таким образом, в сдвиговых течениях также происходит передача энергии плазмы космическим лучам (фрикционный механизм ускорения).

В межпланетном пространстве сдвиговые течения возникают при обтекании солнечным ветром магнитосферы Земли, на границе высокоскоростных потоков солнечного ветра и в ряде других случаев. Полученные на основе теории фрикционного ускорения, примененной к сдвиговым течениям в межпланетном пространстве, и наблюдаемые спектры частиц, их максимальные энергии, пространственное распределение и другие характеристики оказались достаточно близкими. Теория также предсказывает анизотропное (неравномерное) угловое распределение частиц, которое обнаруживается и экспериментально.

Другое следствие теории — возможное ускорение электронов вблизи пульсаров. Некоторые пульсары испускают пульсарный ветер, имеющий спиральные линии тока и сдвиговый характер течения. Расчеты, выполненные для Крабовидной туманности, в центре которой расположен пульсар, показывают, что таким способом можно объяснить происхождение релятивистских (с околосветовыми скоростями) электронов, обеспечивающих ее рентгеновское излучение.

За цикл исследований «Ускорение космических лучей в крупномасштабных движениях плазмы» группа сотрудников ИКФИА, руководимая Г. Ф. Крымским, награждена дипломом победителя конкурса фундаментальных работ Сибирского отделения АН СССР.

Области звездообразования

Хотя идея о том, что звезды образуются в результате сгущения газовых туманностей, была выдвинута английским астрономом У. Гершелем почти два столетия назад и впоследствии разрабатывалась многими выдающимися учеными разных стран, тем не менее практически до нашего времени она так и оставалась лишь предположением. Слишком мало имелось наблюдательных фактов, чтобы можно было перекинуть надежный логический мост от газопылевых комплексов (гигантских облаков газа и пыли) к звездам, возникающим, как полагают большинство астрономов, в недрах подобных объектов. Процессы рождения звезд, недоступные для наблюдения с помощью обычных оптических телескопов из-за большой непрозрачности газопылевых облаков, раньше не поддавались экспериментальному изучению, да и сейчас было бы чрезмерно оптимистичным утверждать, что мы хорошо понимаем условия, в которых проходит формирование звезд, и знаем в деталях все фазы и особенности звездообразования. Однако быстрый прогресс этого научного направления, обусловленный, с одной стороны, совершенствованием средств наблюдения в инфракрасном и радиодиапазонах, а с другой, развитием современных методов моделирования физических процессов на ЭВМ, вселяет надежду.

На состоявшемся в ноябре 1985 г. в Токио симпозиуме Международного астрономического союза «Области звездообразования» было представлено много новых результатов, существенно углубляющих наши знания о происхождении звезд, а иногда и опрокидывающих сложившиеся представления. Более 200 ученых из 17 стран, собравшихся на симпозиуме, обсудили проблемы, объединенные по темам: образование звезд в темных облаках, области образования массивных звезд, биполярные потоки и диски протозвездной природы, теоретические модели образования звезд, распределение областей звездообразования в галактическом диске и Магеллановых облаках, вспышки звездообразовательной активности в галактиках, модели крупномасштабных процессов образования звезд в галактиках.

В недрах плотных облаков благодаря излучению содержащихся в них молекул CS, HC_3N, H_2CO и NH_3 обнаружены сотни конденсаций (концентрация молекул не менее 10^4 см$^{-3}$) — «плотных ядер», которые могут быть разделены на две группы.

Маломассивные (с массой порядка солнечной) и очень холодные (температура около 10 К) ядра находятся близ областей, где облако оптически непрозрачно, а также близ групп звезд типа Т Тельца, известных как очень молодые относительно холодные объекты. Примечательно, что ядра во многих случаях совпадают со слабыми инфракрасными источниками (со светимостью 1—10 солнечной), наблюдавшимися американо-нидерландским спутником для астрономических исследований в инфракрасных лучах ИРАС. Ядра находятся практически на пределе гравитационной устойчивости и должны сколлапсировать примерно за полмиллиона лет, образовав звезды, вероятно, являющиеся с эволюционной точки зрения предшественниками звезд типа Т Тельца. Ядра, в которых уже содержатся звезды, имеют более широкие линии излучения молекул, что наводит на мысль об активном взаимодействии звезд с окружающим веществом. Здесь часто наблюдаются молекулярные потоки (см. далее).

Более массивные ядра (10—10^3 солнечных масс) имеют температуру 30—100 К и в отличие от маломассивных проявляют признаки сильного перемешивания вещества и находятся вблизи очень горячих молодых звезд.

Обнаружение ядер позволяет внести существенные дополнения в принятый сценарий образования звезд из разреженного межзвездного вещества и углубить его.

Как и большинство обсуждавшихся на симпозиуме наблюдательных результатов, данные о молекулярных потоках — активно исследуемом новом типе объектов — получены с помощью радиотелескопов, работающих в миллиметровом и сантиметровом диапазонах длин волн (один из таких инструментов, имеющий диаметр зеркала 45 м и рабочую длину волны до 1,3 мм и расположенный в 150 км от Токио, осмотрели участники симпозиума; рис. 1). Мощное истечение газа в двух противоположных направлениях от центра звезды, называемое молекулярными потоками и обнаруживаемое в линиях CO, характерно для звезд различной светимости. Массы выброшенного вещества могут доходить до нескольких десятков солнечных, а его скорости (относительно звезды) достигать многих десятков километров в секунду. Теряемая звездой огромная механическая энергия в ряде случаев превышает половину ее светимости! Вряд ли в данном случае ускорение вызывается лучистым давлением, скорее всего здесь работают какие-то другие механизмы (магнитогидродинамическая релаксация, динамическое воздействие ионизованного газа, звездный ветер и т. д.).

Еще более удивителен другой тип новых объектов — джеты, которые представляют собой высокоскоростные струи длиной 0,01—0,2 пс, идущие из области формирования молодых звезд. В отличие от молекулярных потоков джеты имеют скорость до нескольких сотен километров в секунду и очень небольшой угол расхождения 3—10°, но так же как и они сильно коллимированы (направления выбросов лежат почти на одной прямой). Любопытно, что обычно в зоне, где джет сталкивается с окружающим молодую звезду типа Т Тельца или инфракрасный источник газовым облаком, находятся объекты Хербига—Аро (газовые сгустки, в спектрах которых видны интенсивные линии ионизованных атомов). Кинематические, энергетические и другие соображения определенно наталкивают на мысль о том, что решение уже многие годы интригующей астрономов проблемы объектов Хербига — Аро связано с джетами.

Если о механизме выброса в случае как молекулярных потоков, так и джетов у астрономов единого мнения не существует, то для объяснения коллимированности, как правило, привлекают околозвездные диски и торы. И действительно, наблюдения в радиодиапазоне подтверждают, что подобные объекты, имеющие размеры от 10^{-4} до 10^{-1} пс, существуют. У некоторых источников обнаружены даже иерархические структуры из них.

Рис. 1. Комплекс миллиметрового радиотелескопа с диаметром зеркала 45 м (Япония)

На рис. 2 показано строение типичного молодого объекта, объединяющего в себе джеты, диск и объекты Хербига—Аро.

Факт существования околозвездных дисков и торов хорошо согласуется с представлениями об аккреционном режиме формирования звезд во вращающихся газопылевых облаках (за счет выпадения на звезду окружающего вещества), однако в отличие от мощных выбросов материи, сопровождающихся выделением значительной энергии, гораздо более спокойные процессы гравитационного сжатия и аккреции в

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Величайший телескоп в мире, который будет окончен только в следующем году, имеет объектив в 0,97 м в поперечнике и 20 м длины. Изготовление таких больших линз необыкновенно трудно как по отношению отливки, так и по отношению шлифовки. Этот телескоп будет поставлен в обсерватории Лика в Калифорнии на горе Гамильтон высотою 1480 м.

«Нива»

ДАНИЯ. Температура планет. Профессор Христиансен опубликовал в мемуарах Копенгагенской академии соображения относительно температуры планет солнечной системы. По его вычислениям, которые основываются на количестве тепла, получаемого от Солнца, средняя температура Меркурия +210°С, Венеры +57°С, Марса −34°С, Юпитера −150°С, Сатурна −180°С, Урана −209°С и Нептуна −221°С.

«День»

АНГЛИЯ. Благодаря желатино-бромидным пластинкам стало возможным получать фотографические снимки местностей с воздушного шара, с быстро несущегося поезда железной дороги. Один англичанин получает фотографические снимки, катаясь на трехколесном велосипеде.

«Вокруг света»

ПЕТЕРБУРГ. В. Сименс сообщил в электротехническом обществе в Берлине, что самое большое количество электрических свечей находится в Зимнем Дворце в Петербурге. В этом великолепном здании имеется 12 000 лампочек с накаливанием, а двор его освещается 56 лампами с дугой. В подвальном этаже дворца размещены 26 динамоэлектрических машин, поглощающих в общей сложности 2500 лошадиных сил.

«Техник»

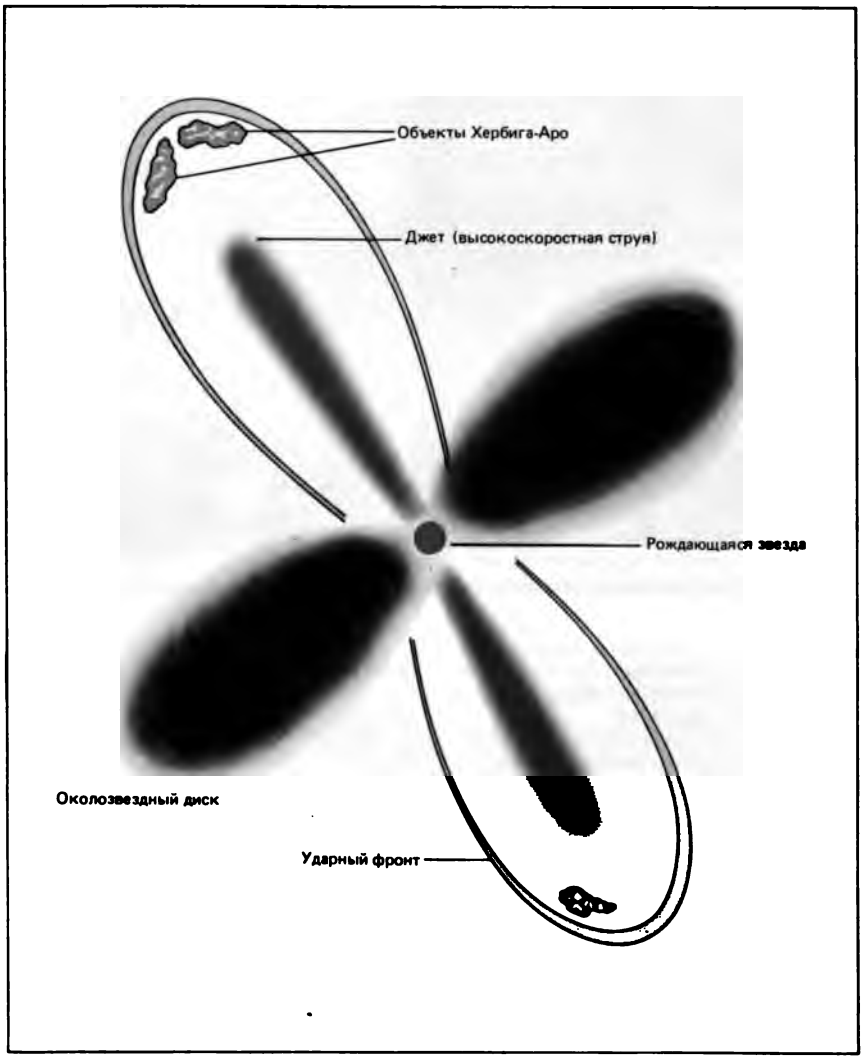


Рис. 2. Строение молодого звездного объекта (разрез)

таких облаках еще не наблюдались с достаточной для построения детальной картины звездообразования полнотой и точностью. Изучение этих процессов пока что остается в основном уделом теоретиков.

Процессы звездообразования во многом обусловливают наблюдаемые особенности галактик и, в свою очередь, сами определяются общей динамикой, химическим составом и другими свойствами галактик. На симпозиуме критически пересматривалась эта взаимосвязь. В частности, была подвергнута сомнению известная гипотеза о том, что волны плотности в галактиках играют роль спускового механизма звездообразования.

Эффективность звездообразования в галактиках определяется присутствием упоминавшихся темных плотных (молекулярных) облаков, и именно в детальном изучении их свойств многие исследователи видят путь к познанию структуры нашей Галактики и пониманию того, как происходит круговорот вещества в этой гигантской звездной системе. Важные результаты дали обзоры неба, проведенные в линиях излучения молекул CO.

Согласно одному из них, обобщающему данные 41000 наблюдений, в Галактике имеется около 2000 гигантских молекулярных облаков с массами 10^5—10^7 масс Солнца и размерами 30—100 пс. Облака делятся на два типа: более массивные и теплые, ассоциирующиеся с областями ионизованного водорода вокруг горячих массивных звезд, распределены в спиральных рукавах, а холодные, в которых таких звезд нет, встречаются и в межрукавном пространстве. Другой обзор, подтверждающий спиральную структуру галактического диска, показал, что к спиральным рукавам концентрируются только гигантские молекулярные облака. Видимо, гигантское облако образуется из газа, попадающего в спиральный рукав, и по выходе из него распадается на более мелкие облака.

Эволюция молекулярных облаков исследуется и теоретически, причем здесь, как и в случае протозвезд, все большее распространение получает численное моделирование. На современных ЭВМ уже можно решать очень сложные задачи, например, рассчитывать процессы, происходящие при столкновении облаков произвольной формы, строить гидродинамические модели молодых объектов с учетом нестационарной ионизации, моделировать вспышки звездообразования в ядрах галактик.

О том, что формирование звезд в ядрах некоторых галактик протекает взрывообразно, было известно из наблюдений в оптическом, ультрафиолетовом и радиодиапазонах. Спутник ИРАС дал возможность статистически выявить особенности данного процесса. Благодаря наблюдениям в инфракрасном участке спектра, позволяющим оценивать болометрическую (полную) светимость объектов, удалось показать, что в ядрах многих галактик звездообразование протекает очень активно. Есть указания на то, что активность такого рода в ядрах подвержена циклическим изменениям во времени. Теоретическая оценка периода — около 10^8 лет.

Особенно активно рождаются звезды в неправильных галактиках, в которых существуют яркие компактные сгустки (5—10 сгустков на галактику) с очень высокой светимостью, где звездообразование в десятки раз интенсивнее, чем в нашей Галактике. Ожидается, что в таких галактиках среднее время между вспышками сверхновых звезд гораздо меньше обычного и составляет всего 2 года! Причина столь бурной активности пока остается невыясненной.

СТО ЛЕТ НАЗАД

США. Строение лунной поверхности. Недавно американским ученым С. Ланглеем выдвинуты интересные идеи, которые бросают новый свет на объяснение непонятных доселе образований лунной поверхности. Они основываются на гипотезе постепенного полного обледенения. Американскому исследователю удалось найти объяснение для всех в высшей степени замечательных явлений, которые наблюдаются на лунной поверхности: равномерное освещение всех плоскостей, краев и середины Луны, гор, вершин и долин. Особенно яркие световые пятна, видимые простым глазом, по его теории, не моря и океаны, как до сих пор думали, а просто свет, отражаемый особенно гладкими ледяными поверхностями.

«Нива»

смические
ледования

основная экспедиция
е-7»

35 г. в Советском Союзе осу-
запуск космического корабля
3» с экипажем: В. А. Джанибе-
дир, пятый полет космонав-
Савиных (бортинженер).
осмонавтами стояла трудная
третиться и состыковаться с
руемым объектом — закон-
нной со 2 октября 1984 г.
Салют-7», радиосвязь с кото-
тилась вследствие неисправ-
го из блоков радиосистемы.
осмонавт СССР, доктор тех-
наук К. П. Феоктистов писал:
нало, что нельзя было по сиг-
нционных радиосредств кон-
ть положение станции на
нимать характер ее движения
нтра масс, исключалась воз-
использовать аппаратуру и
ориентации для обеспечения
и стыковки с транспортными
, а следовательно, использо-
ю освоенный метод автома-
сближения транспортного
с станцией, исчезла возмож-
гролировать работу и состо-
вых систем станции, таких,
ма терморегулирования, энер-
ния, обеспечения газового
атмосферы». Специалисты
ыводу, что восстановить нор-
аботу станции может только
ее борту.
ние и стыковка были выпол-
ня 1985 г. В. А. Джанибеков и
ных проявили настоящее
и высокое мастерство: в
елых условиях они вернули
жизни.
бре 1985 г. впервые в прак-
альных космических экспеди-
проведена частичная смена
Космический корабль «Союз
пажем: В. В. Васютин (коман-
И. Гречко (бортинженер) и
ов (космонавт-исследова-
артовал 17 сентября и на сле-
нь состыковался со станцией
, а через восемь суток
ибеков и Г. М. Гречко в
Союз Т-13» вернулись на Зем-

й экспедиции, как и во всех
их, на станциях «Салют»
змени заняли медицинские
ния и эксперименты. Прово-
дицинские дни, когда космо-
одвергались комплексному
ому обследованию (измере-
ратуры тела и его массы,
енка состояния мышц, сер-
дечно-сосудистой системы как в покое, так и во время физических нагрузок, определение ее реакции на имитацию гидростатического давления).

В эксперименте «Оптокинез» было продолжено выяснение причин, вызывающих вестибулярные расстройства в острый период адаптации к невесомости. В эксперименте «Сигнал-РД» изучалась возможность применять метод рефлексодиагностики для оценки состояния организма в период адаптации к невесомости. В эксперименте «Спорт» оценивалась эффективность воздействия разнотипных физических тренировок на состояние здоровья и работоспособность космонавтов.

По программе биологических исследований в космических оранжереях «Оазис» и «Вазон» проведены эксперименты с высшими растениями (проростками перца, лука, салата). На установке «Биогравистат» изучалось, как развиваются высшие растения в условиях искусственной гравитации, создаваемой с помощью портативной центрифуги, а на установке «Магнитогравистат» — как влияют невесомость и искусственное магнитное поле на пространственную ориентацию проростков льна. На установке «Светоблок-Т» путем фотоинициации формировался полиакриламидный гель, который может быть использован для электрофоретической очистки веществ.

Синтез компонентов нуклеиновых кислот в условиях открытого космоса осуществлялся в приборе «Медуза», установленном на внешней поверхности станции во время выхода в открытый космос 2 августа 1985 г. (см. ниже).

Целью эксперимента «Субстрат» было определить, насколько эффективны различные методы культивирования высших растений в условиях невесомости.

Для создателей космической техники очень важны сведения о свойствах различных материалов, подвергшихся комплексному воздействию открытого космического пространства. Образцы материалов экспонировались в разгерметизированной шлюзовой камере и затем их состояние контролировалось аппаратурой «Электротопограф». Наряду с модельными материалами испытывались и конструкционные, предназначенные для создания космических аппаратов.

Кроме того, с тем чтобы выяснить, как воздействует открытый космос на фотоэлементы, используемые в качестве преобразователей солнечной энергии в электрическую, космонавты выполнили эксперимент по оценке эффективности солнечных батарей

СТО ЛЕТ НАЗАД

РОССИЯ. В недавнем заседании Фотографического отдела Русского технического общества представителем этого отдела, известным петербургским фотографом С. Л. Левицким была демонстрирована в высшей степени интересная новость по освещению фотографируемых предметов — изобретенная одним германским химиком горючая смесь, в состав которой входит порошок металлического магния, бертолетова соль и сернистая сурьма. Освещение от краткой, длящейся не более $^1/_{40}$ доли секунды вспышки совершенно достаточно для производства прекрасного снимка. Двое лиц из числа присутствующих на заседании изъявили желание позировать при этом освещении, и прекрасные негативы, тут же проявленные, были показаны всем присутствующим.

«Техник»

ПАРИЖ. Новоизобретенная бумага. Одна парижская типография изобрела новый род бумаги, исключающий возможность как ее подделки, так и всяких на ней подчисток. Ее секрет заключается в присутствии в ней особых внутренних знаков, букв, цифр или геометрических фигур, невидимых для глаза, но выступающих наружу при малейшей попытке вытравить или подчистить текст бумаги. Эти внутренние знаки обнаруживаются и в том случае, если провести по ней смоченной водой кистью.

«Нива»

АНГЛИЯ. Как следовало бы спать. Один доктор находит, что спать нужно с поднятыми ногами, а не с подушкой под головой. Ноги должны быть сантиметров на 20 выше головы. Такое положение облегчает кровообращение и способствует лучшему питанию и более полному восстановлению нервных центров. Рекомендуемое положение во время сна не только облегчает восстановление сил после нервного утомления, но и уменьшает деятельность сердца.

«День»

станции (и функционирующих с момента ее вывода на орбиту, и установленных позже). Электрические параметры батарей регистрировались при их различной ориентации на Солнце.

С помощью прецизионной аппаратуры «Бирюза» и «Анализ» выращивались кристаллы из растворов и расплавов в условиях микрогравитации.

На технологической установке «Пион» изучались особенности тепло- и массопереноса в жидких средах в условиях микрогравитации и, в частности, возможность управлять термокапиллярными течениями путем изменения температурных полей.

На новой автоматизированной элект-

В. А. Джанибеков и В. П. Савиных на космодроме Байконур перед стартом

В Центре управления полетом идет наблюдение за стыковкой космического корабля «Союз Т-13» и орбитальной станции «Салют-7»

В. В. Васютин, Г. М. Гречко и А. А. Волков во время спортивных занятий в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина

Г. М. Гречко и В. А. Джанибеков на борту орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз Т-13» — «Союз Т-14»

рофоретической установке «ЭФУ-робот» отрабатывалась технология получения в условиях невесомости сверхчистых биологически активных веществ, которые нужны в здравоохранении, пищевой промышленности, сельском хозяйстве.

Как и в предыдущих полетах, значительное место в программе научных работ отводилось геофизическим исследованиям и дистанционному зондированию земной поверхности с целью изучения природных ресурсов, экологической оценки почв и растительности в биосферных заповедниках нашей страны и т. д.

С помощью стационарных камер МКФ-6М и КАТЭ-140 и ручных камер экипаж фотографировал отдельные районы территории Советского Союза.

Космонавты приняли участие в комплексном эксперименте «Гюнеш-85», который проводился в рамках международного проекта по изучению динамики геосистем дистанционными методами и был направлен на то, чтобы усовершенствовать методы и средства исследования природных ресурсов и окружающей среды.

Фотографированием, спектрометрированием и измерениями, которые проводились одновременно со станции «Салют-7», самолетов-лабораторий, вертолетов и на поверхности Земли, была охвачена зона Кавказско-Каспийского научного полигона Азербайджанской ССР. В частности, спектрометрировались нефтегазоносные районы Западного Азербайджана и прибрежные участки Каспийского моря, фотографировались сельскохозяйственные угодья на южных склонах Большого Кавказа, определялись оптические характеристики атмосферы над регионом.

Были осуществлены два международных комплексных эксперимента «Курск-85» и «Черное море-85».

В первом из них (он проводился также в рамках упомянутого международного проекта) ученые и специалисты НРБ, ВНР, СРВ, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР объединили свои усилия с тем, чтобы изучить состояние сельскохозяйственных культур и отработать аэрокосмические методы прогнозирования их урожайности.

Подспутниковая часть эксперимента проводилась в Курской области на территории научно-исследовательского полигона Института географии АН СССР. Фотографирование земной поверхности со станции «Салют-7» сопровождалось съемкой с искусственных спутников «Космос-1653», «Космос-1657» и «Космос-1663», а также с самолетов-лабораторий, вертолетов и на наземных пунктах с помощью новой аппаратуры, разработанной и изготовленной в странах—участницах программы «Интеркосмос».

В эксперименте «Черное море-85», подготовленном специалистами НРБ, ГДР, ПНР и СССР, отрабатывались методы для дистанционного определения гидрофизических и биологических характеристик водной поверхности.

Фотосъемка и спектрометрирование отдельных районов Черного моря проводились одновременно со станции «Салют-7», специализированных спутников Земли, самолетов-лабораторий и научно-исследовательских судов.

В рамках международной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» космонавты наблюдали и фотографировали биосферные заповедники Советского Союза (в частности, Центрально-Черноземный) и окружающие их сельскохозяйственные угодья.

В эксперименте «Купол» оценивалась загрязненность атмосферы над крупным промышленным центром (г. Запорожье) с помощью фотографической, спектрометрической и радиометрической аппаратуры.

Изучая структуру земной атмосферы, определяя ее оптические и спектральные характеристики, экипаж использовал комплекс уже имевшейся на станции научной аппаратуры, а также приборы, доставленные кораблем «Союз Т-14». Измерялась плотность аэрозольных слоев космического происхождения в земной атмосфере, фиксировались изменения яркости звезд при их заходе за горизонт, изучались серебристые облака, газовый состав атмосферы, оценивались параметры атмосферы в непосредственной близости от орбитального комплекса.

Прибором «Мария» регистрировались потоки высокоэнергичных электронов и позитронов (изучение генерации таких частиц в радиационных поясах Земли и околоземном космическом пространстве).

По программе астрофизических экспериментов исследовалась межпланетная среда, наблюдались зодиакальный свет, слабые галактические и внегалактические источники.

2 августа 1985 г. В. А. Джанибеков и В. П. Савиных совершили выход в открытое космическое пространство, во время которого, в частности, установили на третью солнечную батарею дополнительные панели. К одной из основных панелей они прикрепили экспериментальный образец солнечной батареи с тем, чтобы исследовать влияние на него условий открытого космоса.

Завершив монтажные операции, космонавты возвратились к выходному люку, установили около него аппаратуру, созданную совместно советскими и французскими специалистами и предназначенную для сбора метеорного вещества в космическом пространстве, заменили научное оборудование, кассеты с образцами биополимеров и различных конструкционных материалов. Демонтированные блоки и приборы, длительное время находившиеся на внешней поверхности станции, были возвращены на Землю для последующего анализа.

При выходе, продолжавшемся 5 ч, были испытаны скафандры полужесткого типа улучшенной конструкции. Все время, пока космонавты находились вне станции, у них с помощью портативной медицинской аппаратуры записывались на магнитную ленту электрокардиограммы и регистрировался ряд других физиологических параметров.

За время полета космонавты разгрузили грузовой корабль «Прогресс-24», спутники «Космос-1669» и «Космос-

СТО ЛЕТ НАЗАД

Основоположник квантовой теории немецкий физик-теоретик М. Планк (впоследствии член Берлинской Академии наук, почетный член Академии наук СССР, лауреат Нобелевской премии) дал общий вывод законов химического равновесия в газах и разбавленных растворах.

Шведский физикохимик С. Аррениус, один из основоположников физической химии (впоследствии лауреат Нобелевской премии, иностранный член Академии наук СССР) на основании изучения электропроводности разбавленных водных растворов кислот и других электролитов создает теорию электролитической диссоциации, согласно которой молекулы электролитов при растворении распадаются на электрически заряженные частицы — ионы.

Немецкий физик-экспериментатор Ф. Кольрауш (впоследствии иностранный член Петербургской Академии наук) проверяет найденный им закон независимого движения ионов и определяет относительные и абсолютные скорости ионов галогенидов и одноатомных кислот.

Русский химик Н. А. Меншуткин обнаружил редкое влияние недеятельных растворителей на скорость этерификации — получения сложных эфиров из кислот и спиртов.

Голландский физикохимик Я. Вант-Гофф, один из основателей физической химии и стереохимии (впоследствии иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук, первый лауреат Нобелевской премии по химии), определяет молекулярные веса ряда органических соединений по результатам измерения осмотического давления.

1686», которые доставили все необходимое для жизнедеятельности экипажа, научную аппаратуру, оборудование, материалы, топливо и пр.

21 ноября 1985 г. пилотируемый полет на станции был прерван в связи с заболеванием В. В. Васютина, и космонавты В. В. Васютин, В. П. Савиных и А. А. Волков возвратились на Землю. Орбитальный комплекс «Салют-7» — «Космос-1686» продолжил полет в автоматическом режиме.

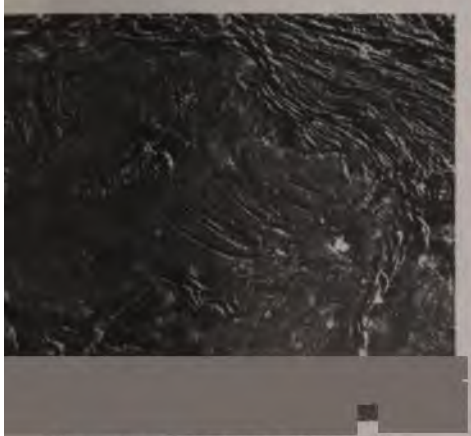
Создается атлас Венеры

В 1983—1984 гг. советские межпланетные станции «Венера-15» и «Венера-16» выполнили детальную радиолокационную съемку северного полушария планеты Венера от полюса до широты 30°*. Снята территория 115 млн. км², т. е. 25% площади всей поверхности Венеры. Для сравнения заметим, что это составляет 3/4 площади земной суши. За радиолокационную съемку поверхности планеты Венера с космических аппаратов «Венера-15» и «Венера-16» группа ученых удостоена Ленинской премии 1986 г. В том же году за разработку и создание бортового космического комплекса «Венера-15», «Венера-16» для радиолокационного картографирования планеты Венера группа исследователей и конструкторов награждена Государственной премией СССР, а за разработку радиолокатора для упомянутых станций и синтез изображений и профилей высот поверхности планеты Венера коллективу специалистов присуждена премия Ленинского комсомола 1985 г.

По материалам радиолокационной съемки Институт радиотехники и электроники АН СССР при участии Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии ГУГК и Института прикладной математики АН СССР строит карты поверхности Венеры. Из полос радиолокационных изображений, полученных при ежедневном прохождении космических аппаратов вблизи планеты в период съемки, формируются фотопланы с учетом высоты местного рельефа. На фотопланы наносятся линии координатной сетки. Все это делается только цифровыми методами, благодаря чему обеспечиваются математическая точность карт и оперативность их построения.

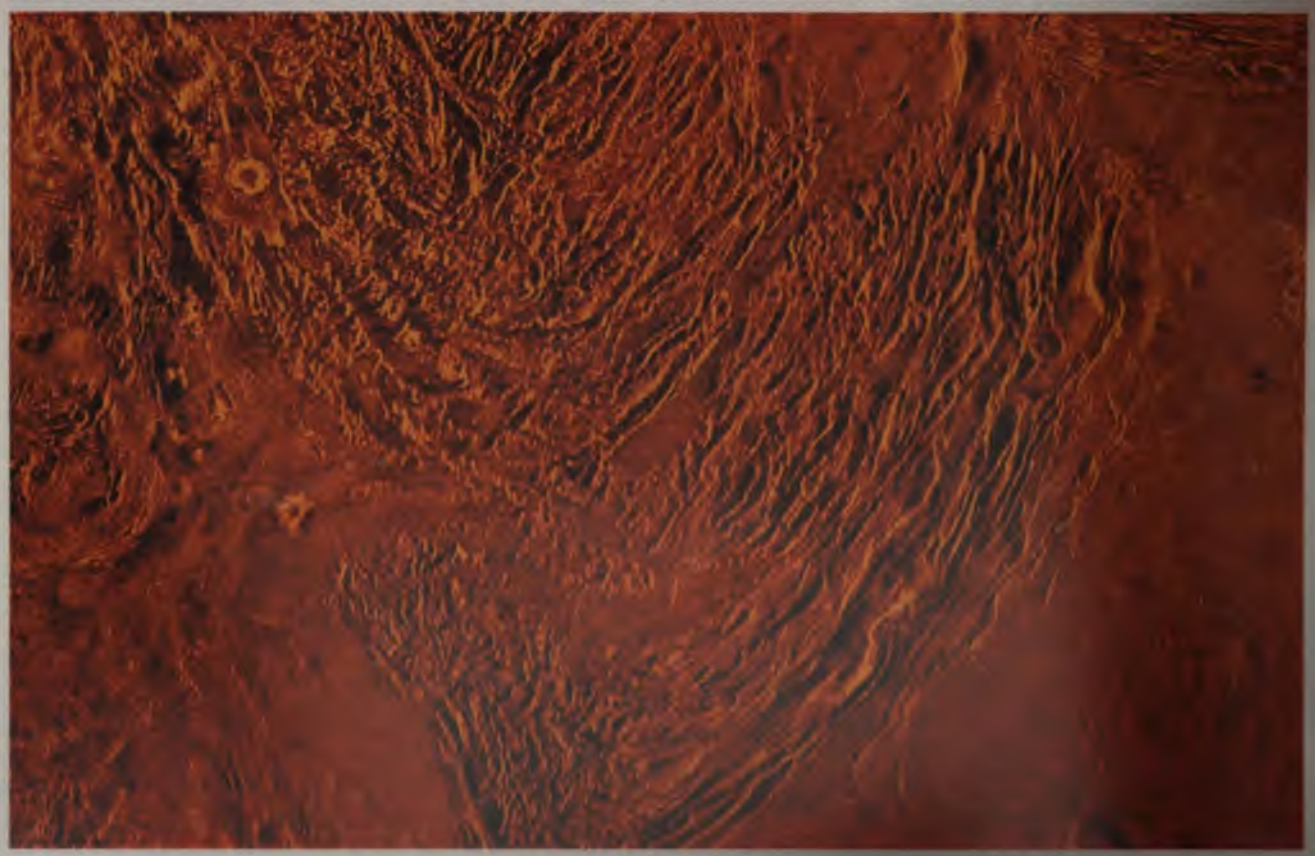
Всего карт будет 27. Атлас Венеры, в которые они войдут, сделает возможным геологический анализ поверхности Венеры, что, без сомнения, поможет лучше понять физическую природу планеты.

Вулканическая кальдера (впадина, образовавшаяся вследствие провала вулкана) на Плато Лакшми, окруженная светлыми потоками лавы (фрагмент фотоплана поверхности Венеры, 700×1100 км). На равнине видны отдельные кратеры ударного происхождения

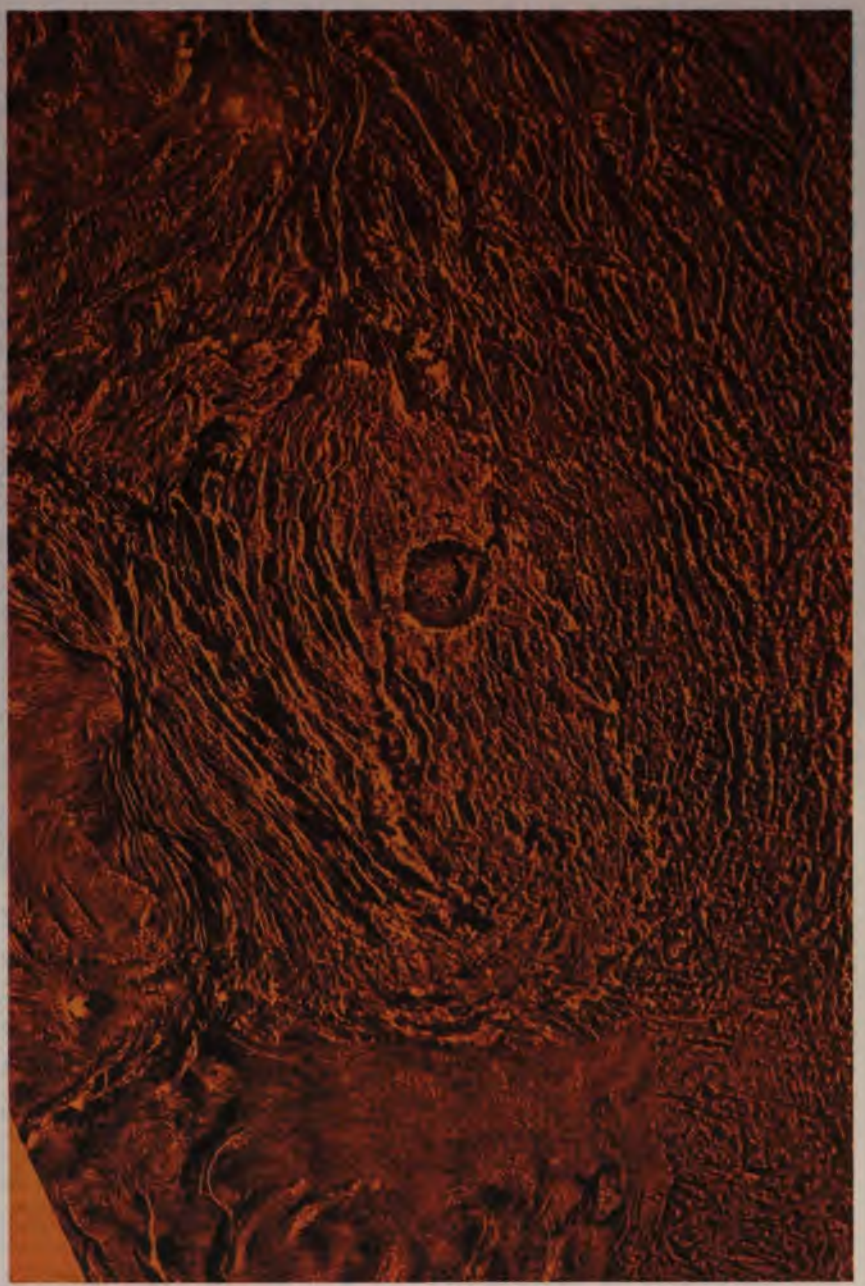


Трещины и провалы в восточной части Плато Лакшми (фрагмент фотоплана поверхности Венеры, 800×600 км). Справа вверху — край Гор Максвелла

* Подробнее об этом см. ежегодник «Наука и человечество. 1985» (с. 323—328) и «Наука и человечество. 1986» (с. 328—331). — *Ред.*



Один из фотопланов поверхности Венеры (его размер по горизонтали — порядка 4000 км). Такие фотопланы служат основой при построении карт для атласа планеты



Горы Акны (фрагмент фотоплана поверхности Венеры, 1200×800 км). Их высота — до 7 км. Слева видны два кратера, возникших в результате ударов метеоритов. Местность вокруг них засыпана выброшенным при ударе материалом, интенсивно рассеивающим радиоволны, и выглядит более светлой

Светлые потоки лавы на Равнине Седны (фрагмент фотоплана поверхности Венеры, 1000×1400 км)

Район Гор Максвелла: огромный кратер диаметром около 100 км и слева от него образования, имеющие структуру паркета или черепицы (фрагмент фотоплана поверхности Венеры, 1000×1400 км)

Реализуется проект «Вега»

С помощью аэростатных зондов и посадочных аппаратов автоматических межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2», запущенных в Советском Союзе 15 и 21 декабря 1984 г.* по международному проекту «Венера—комета Галлея», в котором, помимо советских, участвуют ученые Австрии, Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Франции, ФРГ и Чехословакии, в июне 1985 г. проведены исследования планеты Венера.

9 июня от станции «Вега-1» отделился спускаемый аппарат, который 11 июня при входе в атмосферу планеты разделился на посадочный аппарат и атмосферный зонд. Оболочка зонда (диаметр 3, 4 м) была наполнена гелием, и в течение 46 ч он совершал дрейф в атмосфере Венеры на высоте около 55 км. На капроновом фале длиной 12 м к оболочке была подвешена гондола с передающим радиокомплексом и научной аппаратурой, предназначенной для измерений параметров атмосферы и облачного слоя.

Прием радиосигналов от зонда, а также определение его координат и скорости выполняли советская и международная сети наземных радиотелескопов, работавших по согласованной программе и расположенных на всех континентах (исключая Антарктиду). Благодаря тому что радиотелескопы находятся на больших расстояниях друг от друга, положение зонда в атмосфере Венеры удалось измерить с точностью около 10 км, а скорость — с точностью примерно 1 м/с.

За 46 ч он пролетел со средней скоростью порядка 50 м/с около 12 тыс. км и, двигаясь вдоль экваториальной области с востока на запад, переместился с ночной стороны планеты на дневную. При этом перепады по высоте составили 200—300 м — явный признак силь-

* О станциях и их запуске см. ежегодник «Наука и человечество. 1986» (с. 331—332). — *Ред.*

Оперативный зал Центра управления полетом во время спуска на Венеру аэростатного зонда и посадочного аппарата автоматической межпланетной станции «Вега-2»

ной турбулентности в венерианской атмосфере. В ней зарегистрированы световые вспышки неизвестного происхождения.

Эксперимент по аэростатному зондированию Венеры был выполнен впервые в мировой космонавтике.

Аналогичным образом 13 июня от станции «Вега-2» отделился спускаемый аппарат, который 15 июня разделился на посадочный аппарат и аэростатный зонд, совершивший дрейф в атмосфере планеты на высоте около 54 км и за 46 ч пролетевший приблизительно 12 тыс. км.

Во время снижения посадочного аппарата «Вега-1» с помощью научных приборов изучались физические характеристики и химический состав облачного слоя атмосферы Венеры. Подтверждено, в частности, присутствие серной кислоты в облаках, обнаружены хлор, сера и, по-видимому, фосфор.

Аппарат совершил мягкую посадку в точке с координатами 7°11′ с. ш. и 177°48′ д. (равнина Русалки, материк Афродиты) и провел на поверхности Венеры при давлении свыше 90 атм и температуре около 460° С исследования. Прием и ретрансляция на Землю информации осуществляла станция «Вега-1».

Посадочный аппарат «Вега-2», также проводивший во время спуска исследования состава и физических характеристик атмосферы, совершил мягкую посадку в точке с координатами 6°27′ ю. ш. и 181°5′ д. (равнина Русалки). При температуре 452° С и давлении 86 атм грунтозаборным устройством аппарата был пробурен поверхностный слой, взяты пробы грунта и определен элементный состав пород в данном районе планеты.Выносным прибором определены также физико-химические свойства поверхностного слоя.

Взятые пробы транспортировались в зону анализа, где давление было примерно в 2000 раз ниже. Анализ осуществлялся рентгенорадиометрическим методом; использовались также гамма-спектрометры, определявшие содержание естественных радиоактивных элементов. Все операции выполнялись в автоматическом режиме по командам программно-временного устройства.

Как показали результаты анализа, здесь впервые на Венере найдены магматические породы типа анортозит-троктолита. Именно эти породы характерны для первичной материковой коры Луны и Марса (с возрастом 3,8—6,6 млрд. лет). На Земле они имеют гораздо более молодой возраст, встречаются крайне редко и совсем в иных геологических ситуациях.

На венерианской поверхности благодаря советским экспериментам уже обнаружены горные породы трех типов, заметно различающиеся по составу и условиям образования: в районе молодых вулканических образований, как и на Земле, встречены разнотипные базальты; на относительно более древних холмистых равнинах — редкие для нашей планеты калиевые нефелиновые сиениты; наконец, видимо, на наиболее древнем из обследованных участков (равнина Русалки) — анортозит-троктолиты.

В марте 1986 г. автоматические станции «Вега» успешно выполнили программу исследований кометы Галлея. 6 и 9 марта «Вега-1» и «Вега-2» прошли через ее газопылевую оболочку на расстоянии соответственно около 9 тыс. км и 8,2 тыс. км от ее ядра. С помощью научной аппаратуры впервые получены крупномасштабные изображения кометного ядра, проведены измерения температуры и других физико-химических характеристик кометы, проанализирован химический состав газовой и пылевой составляющих ее вещества, исследованы электромагнитные поля в окрестности этого небесного тела и физические процессы, протекающие в его оболочке.

Станции передали на Землю свыше 1200 телевизионных снимков, сделан-

анеты Венера с расчетной осадки посадочного аппарата «Вега-2»

ез различные светофильтры, олило получить цветные изоб- кометы и ее ядра. Оно, как предварительный анализ теле- их фотографий, представляет образование неправильной весьма низкой отражательной остью и максимальным разме- дка 11 км.

татьи проекта «Вега» потре- ительной обработки, поскольку олученной информации огро-

та завершена работа по между- му проекту «Лоцман», в кото- нимают участие Европейское ское агентство, организации США. В рамках широкого меж- ого сотрудничества находящи- зных странах радиотелескопы ровали местоположение стан- а-1» и «Вега-2», а по получен- изионным изображениям опе- уточнялась траектория движе- еты. Благодаря совместному ванию данных космических и измерений в десятки раз точность в определении т кометы Галлея и обеспечена (в ночь с 13 на 14 марта) ского аппарата «Джотто», запу- щенного упомянутым агентством, через голову кометы Галлея на расстоянии примерно 560 км от ее ядра. Были получены его изображения, которые в целом подтверждают информацию от станций «Вега».

Успешная реализация крупных международных проектов по исследованию кометы Галлея продемонстрировала те возможности, которые открываются в мирном освоении космического пространства при объединении усилий различных государств.

Полеты кораблей многоразового использования

28 января 1986 г. вошло в историю космонавтики как день трагической гибели Фрэнсиса Скоби, Майкла Смита, Джудит Резник, Эллисона Онизука, Рональда Макнейра, Грегори Джарвиса и Шарон Кристы Маколифф (Scobee, Smith, Resnik, Onizuka, McNair, Jarvis, McAuliffe). Корабль многоразового использования «Челленджер» с семью американскими космонавтами на борту через 75 с после старта взорвался на высоте около 15 км над уровнем моря и, охваченный пламенем, упал в Атлантический океан. Это должен был быть 25-й полет по программе «Спейс шаттл», в котором предполагалось вывести на орбиту спутник связи и комплект приборов для наблюдения кометы Галлея.

С апреля 1985 г. по январь 1986 г. состоялись 16—24-й полеты американских космических кораблей многоразового использования, которые совершались на орбитальных ступенях «Колумбия» (один раз), «Челленджер» (трижды), «Дискавери» (трижды) и «Атлантис» (дважды).

12—19 апреля 1985 г. в полете на «Дискавери» участвовали К. Бобко (*Bobko*, командир), Д. Уильямс (*Williams*, пилот), Маргарет Седдон, Д. Григгс и Дж. Хоффман (*Seddon, Griggs, Hoffman*, специалисты по операциям на орбите), Ч. Уолкер (*Walker*, экспериментатор) и Дж. Гарн (*Garn*, сенатор от шт. Юта, «гражданский наблюдатель»). Маргарет Седдон — по профессии хирург.

Экипаж вывел на орбиту спутники связи «Телесат» с межорбитальным буксиром (канадская корпорация «Телесат») и «Лисат-3» (американская фирма «Хьюз»). Однако на последнем возникли неисправности, которые с борта корабля ликвидировать не удалось, и он остался неработоспособным.

Проводившиеся медицинские эксперименты, в частности, помогут лучше понять причины так называемой болезни движения, которая в невесомости бывает у многих космонавтов. В установке для электрофореза получен препарат для лечения больных (о каком гормоне идет речь, фирма «Мак-Доннелл-Дуглас» не сообщает). Проведены технологические эксперименты по

Фрэнсис Скоби, Майкл Смит, Джудит Резник, Эллисон Онизука, Рональд Макнейр, Грегори Джарвис, Шарон Криста Маколифф.
Фото USIA

выращиванию кристаллов белков, которые, как полагают, могут найти применение при лечении рака, гипертонии и других заболеваний.

29 апреля — 6 мая в полете использовалась орбитальная ступень «Челленджер», на которой работали Р. Овермайер (*Overmyer*, командир), Ф. Грегори (*Gregory*, пилот), Д. Линд, Н. Тагард и У. Торнтон (*Lind, Thagard, Thornton*, специалисты по операциям на орбите), Л. Ванденберг и Т. Уонг (*Vandenberg, Wang*, экспериментаторы).

На борту «Челленджера» находилась орбитальная лаборатория «Спейслэб-3» (масса — 12 т, длина — 7 м, диаметр — 4 м), изготовленная западноевропейскими странами (затраты — свыше 1 млрд. долларов) и содержавшая оборудование для 15 астрономических, геофизических, медико-биологических, технологических и других экспериментов. На ней, в частности, изучалось влияние на организм животных (2 беличьих обезьян и 24 крыс) состояния невесомости, исследовалось поведение жидкости в невесомости, выращивались кристаллы в условиях микрогравитации.

Были получены кристаллы красного рубина величиной «с кусок сахара», кристалл триглицеринфосфата (из жидкой фазы) и кристалл иодида ртути (из газовой фазы). Некоторые эксперименты выполнить не удалось. Пришлось, например, отказаться от наблюдений межзвездных облаков с помощью французской широкоугольной камеры, поскольку не удалось открыть соответствующий шлюз и выставить ее из герметизированной лаборатории.

Во время этого полета был успешно «выброшен» на орбиту спутник «Нусат» (4 мая началась его эксплуатация). При выведении же спутника «Гломр» возникли трудности, и его пришлось вернуть на Землю.

Этот спутник предназначен для включения и выключения наземных датчиков по команде из космоса, а также для ретрансляции информации с них. И хотя официально речь идет об опросе метеорологических автоматических станций на океанских буях, спутник, созданный по контракту министерства обороны США, может, как сообщает печать, использоваться и в военных целях, например для сбора информации с датчиков обнаружения подводных лодок.

Спутник «Нусат», разработанный несколькими высшими учебными заведениями шт. Юта, предназначен для калибровки наземных радиолокаторов, принадлежащих службе управления воздушным движением (регистрация их сигналов и передача записанной информации на наземную станцию).

17—24 июня 1985 г. в экипаж «Дискавери» входили Д. Бранденстайн (*Brandensteinn*, командир), Дж. Крейтон (*Creighton*, пилот), С. Нейджел, Шеннон Люсид и Дж. Фабиан (*Nagel, Lucid, Fabian*, специалисты по операциям на орбите), П. Бодри (*Baudry*, Франция, экспериментатор) и А. А. ас-Сауд (as Saud, Саудовская Аравия, экспериментатор). Ш. Люсид — шестая американка, побывавшая в космосе.

На борту корабля находились спутники связи «Тельстар-3» (США), «Море-

лос-А» (Мексика) и «Арабсат-1В» (арабские страны), научный спутник «Спартан-1» и три так называемые «малые» полезные нагрузки, с помощью которых ученые ФРГ исследовали динамику жидкости и провели технологические эксперименты.

Спутники связи были выведены на стационарные орбиты. «Спартан-1», предназначенный для астрономических наблюдений в рентгеновских лучах и, в частности, поиска признаков существования «черной дыры» в центре Галактики, совершил автономный полет, а после своего 14-го витка взят в грузовой отсек «Дискавери» и позже доставлен на Землю.

Впервые в полетах «челночных» кораблей проводились работы в рамках так называемой «стратегической оборонной инициативы». Соответствующий эксперимент состоял в облучении корабля лазерным лучом с Гавайских островов и приеме отраженного сигнала.

29 июля — 5 августа на орбитальной ступени «Челленджер» находился экипаж: Ч. Фуллертон (*Fullerton,* командир), Р. Бриджес (*Bridges,* пилот), С. Масгрейв, Э. Ингленд, К. Хенице (*Musgrave, England, Henize,* специалисты по операциям на орбите), Л. Эктон, Дж.-Д. Бартоу (*Acton, Bartoe,* экспериментаторы). Основная задача полета — проведение научных экспериментов в области астрономии, астрофизики, физики Солнца, физики плазмы, геофизики, космической биологии и медицины с помощью аппаратуры, которая была установлена в орбитальной лаборатории «Спейслэб-2», изготовленной западноевропейскими странами и размещенной в грузовом отсеке «челночного» корабля.

27 августа — 3 сентября в экипаж «Дискавери» вошли: Дж. Энгл (*Engle,* командир), Р. Коуви (*Covey,* пилот), Дж. Ван Хофтен, Дж. Лондж, У. Фишер (*Van Hoften, Lounge, Fisher,* специалисты по операциям на орбите).

Программа полета, включавшая вывод на орбиту спутников связи «Амерсат-1», «Лисат-4» (США) и «Аусат-1» (Австралия) и ремонт находившегося на нерасчетной орбите спутника «Лисат-3», была успешно выполнена.

3—7 октября впервые использовалась орбитальная ступень «Атлантис», считающаяся наиболее совершенной из четырех уже созданных, поскольку она изготавливалась с учетом накопленного при эксплуатации трех предыдущих образцов опыта. На борту корабля К. Бобко (командир), Р. Грейб (*Grabe,* пилот), Р. Стюарт, Д. Хилмерс (*Stewart, Hilmers,* специалисты по операциям на орбите), У. Пейлс (*Pailes,* экспериментатор) выполняли работы исключительно по заданию министерства обороны США.

30 октября — 6 ноября состоялся полет, проходивший почти полностью по программе ФРГ (стоимость фрахта корабля — 65 млн. долларов, общие затраты, в том числе на оборудование для научно-технических исследований и экспериментов, — 175—180 млн. долларов). Впервые в истории полетов по программе «Спейс шаттл» руководство исследованиями и экспериментами осуществлялось из центра, который находился за пределами США, в другой стране (он располагался под Мюнхеном). В полет на борту «Челленджера» отправились Г. Хартсфилд (*Hartsfield,* командир), С. Нейджел (пилот), Дж. Бучли, Г. Блуфорд, Бонни Данбар (*Buchli, Blueford, Dunbar,* специалисты по операциям на орбите), граждане ФРГ Р. Фуррер и Э. Мессершмид (*Furrer, Messerschmid)* и гражданин Нидерландов В. Оккелс (*Ockels*) (последние трое — экспериментаторы).

В грузовом отсеке помещалась орбитальная лаборатория «Спейслэб Д-1». С помощью установленной на ней аппаратуры было выполнено примерно 80 экспериментов по космическому материаловедению, космической медицине и биологии, в области связи и навигации.

Кроме того, космонавты вывели на орбиту спутник «Гломр» (что не удалось сделать в полете, проходившем на полгода раньше).

27 ноября — 4 декабря 1985 г. на борту «Атлантиса» полет выполнили Б. Шоу (*Shaw,* командир), Б. О'Коннор (*O'Connor,* пилот), Мэри Клив, Дж. Росс, Ш. Спринг (*Cleave, Ross, Spring,* специалисты по операциям на орбите), Ч. Уолкер и гражданин Мексики Р. Нери *(Neri)* (экспериментаторы).

Космонавты вывели на орбиту спутники связи «Морелос-В» (Мексика), «Авссат-2» (Австралия) и «Сатком-К» (США), провели эксперименты по получению гормона электрофоретическим способом, выращиванию кристаллов в условиях невесомости, фотографировали некоторые районы Африки, пораженные засухой, чтобы обнаружить подземные источники воды, выполнили монтажные работы в открытом космосе: во время двух выходов общей продолжительностью 12 ч Дж. Росс и Ш. Спринг отрабатывали операции по сборке крупногабаритных ферменных конструкций.

12—18 января 1986 г. в полете на орбитальной ступени «Колумбия» участвовали Р. Гибсон (*Gibson,* командир), Ч. Болден (*Bolden,* пилот), Ф. Чанг-Диас, С. Хаули и Дж. Нельсон (*Ghang-Diaz, Hawley, Nelson,* специалисты по операциям на орбите), Р. Сенкер (*Cenker,* экспериментатор) и Б. Нельсон (*Nelson,* конгрессмен, «гражданский наблюдатель»).

Космонавты вывели спутник связи «Сатком-К» и провели медицинские эксперименты. Астрофизические исследования (съемку звезд и галактик, а также кометы Галлея с помощью ультрафиолетовых камер) выполнить не удалось из-за отказа аппаратуры.

Многоразовым кораблям «Спейс шаттл» отводится значительная роль в решении военных задач США в космосе и прежде всего реализации «стратегической оборонной инициативы». О глубокой озабоченности во всем мире, которую вызывает угроза милитаризации космоса, свидетельствует, в частности, резолюция о предотвращении гонки вооружений в космическом пространстве, принятая Генеральной Ассамблеей ООН в декабре 1985 г. Резолюция одобрена голосами 151 государства при 2 воздержавшихся: США и Гренада.

Катастрофа «Челленджера» еще раз напомнила всем людям Земли о том, что космическая техника, как и любая другая, не может быть абсолютно надежной. Не будут обладать такой надежностью и планируемые системы космических вооружений, которым, кстати говоря, придется работать в полностью автоматическом и автономном режиме. Создавать такие системы — значит не только готовиться к «звездным войнам», планы которых носят откровенно агрессивный характер, но и подвергать человечество риску случайного ядерного конфликта, и как следствие, гибели всего живого на нашей планете.

Международное сотрудничество

Выше уже рассказывалось об осуществлении международного проекта «Венера—комета Галлея», международных комплексных экспериментах «Курск-85» и «Черное море-85» и некоторых других работах в рамках сотрудничества СССР с другими странами.

В 1985 г. два гражданина Сирии начали подготовку к совместному космическому полету в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина.

26 апреля 1985 г. в Советском Союзе запущена автоматическая станция «Прогноз-10—Интеркосмос», которая предназначена для исследования структуры межпланетных и околоземных ударных волн, возникающих при взаимодействии плазмы солнечного ветра с магнитосферой Земли. Спутник выведен на высокоэллиптическую орбиту: высота в апогее — 200 тыс. км, высота в перигее — 400 км, наклонение 65°, начальный период обращения — 96 ч 25 мин.

На борту станции была установлена аппаратура, созданная специалистами СССР и ЧССР по программе «Интеркосмос» (проект «Интершок») и включавшая:

комплекс плазменных спектрометров БИФРАМ для измерения энергетического и углового распределения протонов, электронов и альфа-частиц с энергиями в диапазонах 0,1—10 кэВ, 0,02—0,5 кэВ, 0,2—20 кэВ;

комплекс приборов ЭЧНУВ для измерения потоков энергичных заряженных частиц с энергиями 20 кэВ — 5 МэВ и ядер с массовыми числами от 1 до 26 и энергиями 3—30 МэВ на нуклон;

комплекс приборов БУДВАР для измерения ОНЧ—УНЧ (очень и ультранизкочастотных) волн в плазме с анализатором спектра УНЧ-флюктуаций электрического и магнитного полей и

«Прогноз-10 — Интеркосмос» пристыкован к ракете-носителю в монтажно-испытательном корпусе космодрома

Аквариумный контейнер с рыбками гуппи для биоспутника «Космос-1667»

Контейнеры «Крокус» с высшими растениями ирисами, на которых исследуется процесс цветения в условиях невесомости (биоспутник «Космос-1667»)

лазмы в диапазоне частот Гц;
понентный магнитометр СГ- ерения величины и направле- ного поля в солнечном ветре ностью 1—60 нТ;
вский фотометр РФ-2П для ния рентгеновского излуче- ных областей и вспышек на нергиями 2—100 кэВ;
тр АКР-2М для исследования тотного электрического поля етной плазме и спорадичес- злучения Солнца на часто- 2 МГц;
бортовой регистрации и об- ных (ЭВМ БРОД) для адап- правления приборами в по-

регистрации научной инфор- ЭВМ БРОД, обеспечивающую хранение больших массивов РИОН).
«Интершок» характеризуют, , комплексность исследова- тура ударных волн изучается ение с помощью целого ряда о разработанных комплексов риборов) и, во-вторых, ис- ие бортовой ЭВМ, обеспечи- далтивный режим и измере- авления приборами в соответ- показаниями.
1985 г. в Советском Союзе на околоземную орбиту (вы- ее — 222 км, высота в апо- 7 км, наклонение — 82,3°, ращения 89 мин) биоспутник 667».
были продолжены исследова- ния факторов космического живые организмы. На борту были размещены научно-экс- альные системы с различными скими объектами, а также а для радиационно-физичес- рований.
ым объектом исследований, редыдущем биоспутнике «Ко- » (1983 г.), были 2 обезьяны зусы, на которых изучались нные реакции организма в период пребывания в неве- ia борту находились также 10 ов.
этого, программа по общей редусматривала:
ь данные о динамике энерго- весомости у плодовой мушки ее развития от ранней личи- ии (эксперимент «Энергооб-

ить все стадии цветения рас- невесомости (эксперимент ;
ить содержание воды, а- глеводов и минеральных ах и тканях высших рас- ся в невесомости (экс- тений»);
ано о влиянии фак- ита на развитие ций морфоло- ий анализ (экс-

изучить процессы регенерации тканей и органов в невесомости на углистых тритонах (эксперимент «Регенерация»).
17 июля 1985 г. спускаемый аппарат биоспутника с научной аппаратурой и биологическими объектами вернулся на Землю.

В создании приборов для биоспутника, дополетном и послеполетном обследовании биологических объектов, помимо советских, участвовали ученые НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СРР, ЧССР, Франции и США.

Химия

Нобелевская премия по химии

Нобелевская премия по химии за 1985 г. присуждена американским ученым Джерому Карлу (*Karle*) и Герберту Аарону Хауптману (*Hauptman*) за выдающиеся достижения в разработке прямых методов определения структуры кристаллов.

Дж. Карл родился в 1918 г. в Нью-Йорке. Окончив Гарвардский университет и получив степень доктора философии по специальности физическая химия в Мичиганском университете, он в 1943—1944 гг. участвовал в разработке Манхэттенского проекта. С 1946 г. работает в Исследовательской лаборатории Военно-морского флота США в Вашингтоне, где в настоящее время возглавляет научные исследования в лаборатории структуры материи. Дж. Карл — член Национальной академии наук США, а также американских математического, физического и химического обществ.

Г. А. Хауптман родился в 1917 г. в Нью-Йорке. После окончания Колумбийского университета он в 1955 г. получил степень доктора философии по математике в Мэрилендском университете. Работал в той же Исследовательской лаборатории ВМФ США, что и Дж. Карл, в Нью-Йоркском университете в Буффало. С 1972 г. возглавляет исследовательскую работу в Медицинском центре в Буффало, являясь вице-президентом этой организации.

Плодотворное творческое сотрудничество Дж. Карла и Г. А. Хауптмана началось в 1950 г. и продолжалось около 15 лет. Именно в этот период были практически созданы прямые методы структурных исследований кристаллов по дифракционным данным.

История современной структурной кристаллографии началась на рубеже XIX и XX вв. Именно в это время русский ученый Е. С. Федоров и немецкий математик А. Шенфлис (*Schoenflies*) завершили вывод 230 пространственных групп симметрии — математического фундамента учения об атомном строении кристаллов. В 1972 г. в Мюнхене М. Лауэ (*Laue*), В. Фридрих (*Friedrich*) и П. Книппинг (*Knipping*) предприняли первую попытку использовать дифракцию рентгеновских лучей для исследования атомного строения кристаллов. И хотя эта попытка не увенчалась успехом из-за сложности выбранного авторами объекта исследования (кристалл медного купороса), она убедительно показала широкие возможности метода. Через год английские ученые Г. и Л. Брэгги (*G. и L. Bragg*) дифракционными методами установили атомную структуру кристаллов хлористого натрия, подтвердив теоретические предсказания У. Барлоу (*Barlow*). Позднее Г. Брэгг и русский ученый Г. В. Вульф получили весьма простое соотношение между межплоскостными расстояниями в кристалле, длиной волны используемого рентгеновского излучения и углом, под которым выходит из кристалла дифрагированный луч. Это соотношение широко используется и поныне.

Минералы, металлы и сплавы, неорганические и органические соединения, белки и даже вирусы в кристаллическом состоянии характеризует трехмерная периодичность строения. Очень близкой аналогией может служить плотная кирпичная кладка с заполнением пространства без пропусков. Минимальные межатомные расстояния в кристаллах зависят от вида атомов и характера химических связей и составляют от одного до нескольких ангстрем. Кратчайшие периоды повторяемости — ребра элементарных ячеек — изменяются от нескольких единиц до десятков и даже сотен ангстрем. Последнее относится к кристаллам белков и вирусов. По сути дела, кристалл — это созданная самой природой трехмерная дифракционная решетка для излучения с длиной волны порядка ангстрема.

Если на монокристалл направить монохроматический рентгеновский луч и по определенному закону изменять ориентацию кристалла в пучке, то последовательно будут возникать и исчезать дифракционные отражения кристалла. Для обычного кристалла удается зарегистрировать тысячи таких отражений; белковый кристалл дает их в десятки и сотни раз больше. В настоящее время созданы и успешно работают управляемые ЭВМ дифрактометры, которые в автоматическом режиме за несколько суток регистрируют инте-

гральные интенсивности всех доступных измерению дифракционных отражений от одного кристалла. Набор экспериментальных рентгеновских интенсивностей пересчитывается в трехмерный ряд распределения электронной плотности в кристалле. Однако обычный дифракционный эксперимент не позволяет фиксировать фазы рентгеновских дифракционных отражений. Установление этих фаз долгие годы было центральной проблемой структурной кристаллографии.

Этапными в этом направлении стали работы А. Патерсона (*Paterson*, 1934 г.), Д. Харкера (*Harker*) и Дж. С. Каспера (*Kasper*, 1948 г.). А. Патерсон показал, как по дифракционным данным построить функцию распределения межатомных векторов в исследуемом кристалле, которая может быть использована при конструировании атомной модели кристалла. Д. Харкер и Дж. С. Каспер вывели неравенства, которые в определенных случаях позволяли делать достоверные заключения о фазах сильнейших структурных амплитуд. Однако определяющий вклад в развитие прямых методов вычисления фаз структурных амплитуд внесли работы Дж. Карла и Г. А. Хауптмана.

В 50-е годы к методам структурных исследований кристаллов стало предъявляться новое требование: они должны быть удобными для реализации на ЭВМ. Это было связано с огромными объемами вычислений. Необходимо было разработать «технологию» определения фаз, доказать ее эффективность и привлечь к ней внимание экспериментаторов, занятых практикой структурных исследований. Этим требованиям отвечали работы Дж. Карла и Г. А. Хауптмана, их всегда отличали фундаментальный характер и доведение теоретических разработок до соотношений, которые могут использоваться непосредственно в практике структурных исследований кристаллов.

В настоящее время все те статистические связи, в которые вовлечены экспериментальные модули структурных амплитуд, и соответствующие фазовые соотношения наряду с функциями распределения, позволяющими оценивать вероятности выполнения этих соотношений, используются в комплексах кристаллографических программ, реализуемых на ЭВМ. Для структур с 30—40 базисными (независимыми по симметрии) атомами фазовая проблема на ЭВМ типа ЕС-1045 решается в автоматическом режиме за несколько десятков минут. Рекордными стали структурные исследования для кристаллов с 200—300 базисными атомами. Автоматизация дифракционного эксперимента и постановка на ЭВМ решения фазовой проблемы, уточнение модели атомной структуры кристалла методом наименьших квадратов и представление результатов методами машинной графики превратили рентгеноструктурный анализ в рабочий инструмент, которым успешно пользуются физики и химики, минералоги и материаловеды, специалисты по молекулярной биологии. Ежегодно в мире этими методами исследуется атомное строение порядка 5000 кристаллов разной природы — от металлов и сплавов до сложных органических веществ.

Прецизионные структурные исследования Дж. Карла и Г. А. Хауптмана дают возможность не только построить атомную модель кристалла, но и получить характеристики тепловых колебаний атомов, включая отклонения в этих колебаниях от гармонического закона, а это — информация о механизме фазовых переходов, ионном транспорте и т. д. Более того, дифракционные методы позволяют судить о перераспределении в кристаллах и молекулах валентных электронов, которое имеет место при образовании химической связи. В методическом плане осваиваются синхротронные источники рентгеновского излучения, позиционно-чувствительные детекторы рентгеновского излучения, разрабатываются экспериментальные методы измерения фаз структурных амплитуд, которые позволили бы продвинуться в область более сложных структур и исследовать те 5—7% структур, которые не поддаются вероятностным методам.

Синтетические жидкокристаллические полимеры

Государственной премии СССР 1985 г. удостоен цикл работ «Физическая химия синтетических жидкокристаллических полимеров», выполненных в 1968—1983 гг. коллективом ученых научно-производственного объединения «Химволокно», Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и Института высокомолекулярных соединений АН СССР.

Жидкими кристаллами, которые были впервые обнаружены в 1888 г., называют вещества, сочетающие одновременно свойства жидкостей (текучесть, способность к образованию капель) и свойства кристаллических тел (а именно анизотропию механических, оптических, электрических и других свойств). Сейчас известно несколько десятков тысяч органических веществ, которые могут находиться в жидкокристаллическом состоянии, и число таких соединений непрерывно растет. Основная особенность их строения — анизодиаметричная стержнеобразная или пластинчатая форма молекул. Переход вещества в жидкокристаллическое состояние может происходить либо при изменении температуры (термотропные жидкие кристаллы), либо при их растворении в определенных растворителях (лиотропные жидкие кристаллы).

Значительные успехи в изучении и практическом использовании низкомолекулярных термотропных жидких кристаллов в таких областях новой техники, как радиоэлектроника, электрооптика, а также в медицине, химии и биологии обусловили большой интерес к созданию и изучению не известных ранее полимерных веществ — термотропных жидкокристаллических полимеров и целенаправленному использованию особенностей жидкокристаллического (ЖК) состояния лиотропных полимерных систем.

Как термотропные, так и лиотропные полимерные жидкокристаллические системы обладают особой упорядоченной и в то же время исключительно лабильной структурой, которую можно видоизменять под действием механических, электрических или магнитных полей, вследствие чего полимерная система приобретает уникальные физико-механические и оптические свойства. Будучи приобретенными в жидкокристаллическом состоянии, они фиксируются в твердых полимерах при температурах эксплуатации, и эта особенность таких полимеров открывает широкие возможности для получения полимерных стекол, пленок, волокон и покрытий с новыми свойствами.

Развитие данного направления в значительной степени обязано фундаментальным теоретическим и экспериментальным работам советской школы физикохимиков, работающих в области высокомолекулярных соединений. В результате научного содружества ученых академического института, вуза и НПО впервые установлена взаимосвязь между молекулярным строением полимеров и их способностью существовать в ЖК состоянии и найдены основные соотношения между строением, структурой и разнообразными физико-химическими свойствами полимеров.

Сформулирован принцип конструирования макромолекулярных систем, обеспечивающий получение термотропных ЖК полимеров с мезогенными группами в боковых цепях. Он заключается в химическом присоединении молекул низкомолекулярных жидких кристаллов или их фрагментов (мезогенные группы) к боковым алифатическим ответвлениям так называемых гребнеобразных полимеров, макромолекулы которых в каждом мономерном звене содержат длинные алифатические цепочки. Гребнеобразные полимеры оказались весьма удобными «матрицами» для получения на их основе ЖК полимеров. Именно этот оригинальный подход, ставший сегодня общепринятым, дал возможность синтезировать более 100 новых термотропных жидкокристаллических полимеров и сополимеров, представляющих собой новый класс объектов научного познания и практического применения.

Авторы выяснили, п
получаются ЖК
структуры — нем
кой и холестерич
температурни
определяют
использовани
ность и чем
можно цели

нтации мезогенных групп, зада-
самым макроскопическую ори-
образца в целом. «Полимер-
состояние такого жидкого кри-
озволяет фиксировать эту ори-
(понижая, например, темпера-
е температуры стеклования) и
полимерные пленки заданной
ы и с определенными оптичес-
актеристиками.

образом, создание термотроп-
полимеров открыло возможно-
олучения полимерных пленок с
ыми оптическими свойствами
ичных светофильтров, селек-
тражателей в инфракрасной,
и ультрафиолетовой областях
циркулярно-дихроичных филь-
поляроидов, элементов для
отображения информации.

направление работ данного
язано с изучением и использо-
ЖК состояния лиотропных поли-
истем на основе жесткоцепных
ов (ароматические полиамиды,
еские полипептиды). Одним из
к изучению лиотропных ЖК
юслужили запросы на сверх-
высокомодульные волокна для
ехники, обладающие большими
турами плавления.

ментальные исследования
рной структуры ЖК полиме-
овых равновесий в двух- и трех-
тных системах позволили
ть и выбрать оптимальные тех-
ские условия переработки ЖК
ов. Именно на основе создан-
рами теории фазовых равнове-
работанной в НПО «Химволок-
юлогии производятся высоко-
комплексные нити с различной
плотностью. Способ получе-
окопрочных термостойких воло-
основе ароматических жестко-
полиамидов запатентован в
мышленно развитых стран.

электронная
ектронная
скопия

ехнический прогресс предъяв-
более высокие требования к
ам, используемым в машино-
, химической промышленности,
ктронике и других областях. В
тим особое значение приобре-
ледования электронной струк-
ества и поверхности твердых
растает роль универсальных и
х экспериментальных методов,
щих проводить тончайшие
ания электронного строения
, находящегося в различных
их состояниях и зачастую в
ичествах, изучать химические
ижду составляющими его
процессы, связанные с
электронов и их рас

мик
пол

ной спектроскопии. Теоретические основы методов были заложены еще в 1905 г., когда А. Эйнштейн вывел свое известное уравнение для фотоэффекта: $h\nu = E_{св} + E_{кин}$, где $h\nu$ — энергия кванта, $E_{св}$ — энергия связи электрона в веществе, $E_{кин}$ — кинетическая энергия электрона после фотоионизации. Суть метода рентгеноэлектронной спектроскопии заключается в измерении кинетической энергии $E_{кин}$ внутреннего или валентного электрона, выбитого квантом известной энергия $h\nu$. По этим величинам легко рассчитать $E_{св}$ — энергию ионизации, которая является чувствительной характеристикой химической связи в соединении.

Если энергия кванта невелика — примерно 20—40 эВ, то говорят о фотоэлектронной спектроскопии, а если эта энергия свыше нескольких сотен электронвольт — о рентгеноэлектронной. Фотоэлектронная спектроскопия используется для изучения уровней валентных электронов, а рентгеноэлектронная отчасти — для той же цели, а главное — для изучения внутренних электронных уровней.

С помощью рентгеноэлектронного метода можно исследовать все элементы, кроме водорода, — твердые тела, жидкости и газы. Так как эксперимент проще проводить с твердыми телами в виде порошков или пластинок, то обычно предпочитают малолетучие образцы. Для исследования же легколетучих образцов прибегают к замораживанию. Минимальное количество элемента в образце, которое можно исследовать, — 10^{-5} г (для обнаружения элемента достаточно 10^{-7} г и даже 10^{-9} г). Обычный вес образца — 10—100 мг. Образцы можно охлаждать до температуры жидкого азота или нагревать на несколько сот градусов Цельсия.

Величина $E_{св}$ для внутренних электронных уровней приблизительно линейно зависит от эффективного заряда изучаемого атома в соединении. Если атом в соединении заряжен отрицательно, то энергия $E_{св}$ уменьшается, при положительном заряде — увеличивается (по сравнению со свободным элементом). Поскольку такие характеристики, как степень окисления атома, природа химической связи с соседними атомами, влияют на эффективный заряд атома, то по величине $E_{св}$ можно определить степень окисления атома, функциональные группы в соединениях, способ координации лиганда. В частности, с ростом степени окисления растет величина $E_{св}$ и при одинаковом окружении изучаемого атома с различными степенями окисления в соединениях величина $E_{св}$ растет примерно на 1 эВ при увеличении степени окисления на единицу.

нтгеноэлектронные спектры позво-
величивать неэквивалентные
единении: фактически
соответствует своя
Так определяют функ-
ы, в которые входит

Фотоэлектронная спектроскопия с ультрафиолетовым возбуждением для газов и паров как метод исследования электронной структуры химических соединений впервые предложена доктором физико-математических наук Ф. И. Вилесовым в 1961 г. Это крупное достижение отечественной науки было зарегистрировано в качестве научного открытия. В Ленинградском государственном университете под руководством Ф. И. Вилесова разработано 5 специализированных фотоэлектронных спектрометров и создан ряд оригинальных методов исследования электронной структуры атомов, молекул и ионов. Работы Ф. И. Вилесова по развитию экспериментальной техники, методов исследования, накоплению и систематизации экспериментальных закономерностей внесли существенный вклад в становление фотоэлектронной спектроскопии в качестве основного современного метода исследования электронной структуры соединений.

В настоящее время фотоэлектронная спектроскопия широко используется для изучения уровней и зон валентных электронов в газах и твердых телах, а также в адсорбированных молекулах. Она позволяет определить энергии ионизации валентных электронов, характер взаимодействия атомов друг с другом в молекулах и кристаллах, а также распределение электронов между атомами.

Интенсивность линий рентгеноэлектронного спектра наряду с энергией связи $E_{св}$ является весьма важной характеристикой: она пропорциональна числу изучаемых атомов в образце и ее можно использовать для количественного анализа. Советские ученые внесли существенный вклад в разработку рентгеноэлектронного метода количественного анализа образцов.

Особенно успешным оказалось использование этого метода для изучения характера химической связи и количественного анализа сверхтонких пленок на поверхности твердых тел. С помощью рентгеноэлектронной спектроскопии советские ученые впервые обнаружили, что в поверхностном слое частиц лунного реголита (грунта), доставленного на Землю автоматическими станциями «Луна», содержатся неокисленные формы железа, титана и кремния, которые находятся в дисперсном состоянии и, несмотря на длительное пребывание (в течение нескольких лет) в условиях земной атмосферы, не окисляются кислородом с поверхности. Установлено, что концентрация неокисленных форм уменьшается по мере удаления вглубь от поверхности частиц реголита, а ее значение на поверхности частиц прямо зависит от их экспозиционного возраста, т. е. длительности пребывания на поверхности Луны. Образование неокисленных элементов в тонких поверхностных слоях частиц лунного реголита обусловлено воздействием на них «солнечного ветре». Эти результаты были зарегистрированы в

качестве открытия и позднее получили подтверждение в работах американских ученых.

С применением метода рентгеноэлектронной спектроскопии изучен состав поверхности самородного золота и установлена закономерная зависимость степени обогащения поверхности серебром от генезиса золота. На основе полученных результатов предложен ряд новых эффективных реагентов для флотационного извлечения золота и серебра из руд. Большое практическое значение имеют и результаты работ по изучению механизма окисления и начальных стадий формирования окисных слоев на сплавах железа и хромоникелевых сталях. Оказалось, что в тонких слоях могут протекать химические реакции с заметной скоростью даже при комнатной температуре. Метод рентгеноэлектронной спектроскопии широко используется также для управления и прогнозирования разнообразных физико-химических свойств поверхности при решении задач, связанных с коррозией, катализом и разработкой новых материалов для электронно-вычислительной техники.

За цикл работ по новым методам спектроскопии, их применению в науке и технике коллектив ученых Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР, Института металлофизики и Института сверхтвердых материалов АН УССР, Института атомной энергии им. И. В. Курчатова, Физико-технического института Уральского научного центра АН СССР, Научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова и Института физической химии АН СССР удостоен Государственной премии СССР 1985 г.

Золотая медаль имени А. Н. Несмеянова

Президиум Академии наук СССР присудил Золотую медаль имени А. Н. Несмеянова 1985 г. доктору химических наук И. Ф. Луценко (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова) за цикл работ по элементоорганическим соединениям, опубликованных в 1974—1984 гг.

Химия элементоорганических соединений — один из наиболее бурно развивающихся разделов химической науки. Она охватывает органические соединения практически всех элементов Периодической системы Д. И. Менделеева, в том числе редких и рассеянных элементов, благородных металлов, лантаноидов. В элементоорганических соединениях атомы элементов Периодической системы находятся в «углеводородном» окружении, что существенно меняет их свойства, валентные состояния и координационные числа; появляются новые физические свойства, такие, как высокая летучесть, необычные магнитные и электрофизические свойства, интересные спектральные характеристики; меняется физиологическая активность элементов.

В свою очередь, введение в состав органических соединений элементов Периодической системы существенно меняет свойства этих соединений: многие реакции, которые в органической химии или невозможны, или идут в очень жестких условиях, легко осуществляются через соответствующие элементоорганические соединения.

Именно в силу этих обстоятельств исследования в области химии элементоорганических соединений внесли значительный вклад в решение теоретических вопросов химии, таких, как проблема валентности и природы химической связи, понятие ароматичности, вопросы таутомерии*, в изучение механизма химических реакций, зависимости реакционной способности от строения и др. Кроме того, элементоорганические соединения и некоторые процессы на их основе находят важное и разнообразное практическое применение.

Органические соединения непереходных элементов IV и V групп Периодической системы Д. И. Менделеева (олово, германий, кремний, фосфор, мышьяк, сурьма) представляют исключительный интерес как для понимания актуальных теоретических проблем, так и в отношении все возрастающего использования этих соединений в различных областях народного хозяйства и техники. Значительный вклад в развитие этого направления элементоорганической химии внесли реботы И. Ф. Луценко. Им разработаны методы синтеза многочисленных не известных ранее типов функционально замещенных органических производных олова, германия, фосфора, сурьмы и других элементов. Из наиболее интересных синтетических методов следует отметить некатализируемое присоединение тригалогенидов фосфора к ацетиленовым соединениям; присоединение тетрагалогенидов элементов IV группы по двойной углерод—углеродной связи; прямое замещение водорода в активированных ненасыщенных углеводородах на кремний-, германий- или фосфорсодержащую группу. Изучение синтезированных соединений позволило решить важные вопросы, касающиеся их строения и реакционной способности, открыть новые реакции и обнаружить не известные ранее обратимые и необратимые перегруппировки.

Большой интерес представляют работы И. Ф. Луценко по химии фосфорорганических соединений. Автор детально изучил влияние электронных и пространственных факторов на строение и устойчивость изомерных соединений трех- и четырехкоординационного фосфора. Синтез целой серии соединений с плавно изменяющимися электронными и пространственными характеристиками заместителей позволил определить границы существования того или иного изомера, а также оценить влияние различных факторов на их строение. При этом был обнаружен ряд обратимых и необратимых перегруппировок новых классов фосфорорганических соединений, а также открыта элементотропная таутомерия, обусловленная изменением валентного состояния фосфора. Принципиальное значение имеют исследования И. Ф. Луценко по проблеме двойственной реакционной способности, причиной которой является перенесение реакционного центра во время реакции или наличие таутомерных превращений, а также тесно связанная с ней относительная термодинамическая устойчивость изомерных соединений.

Данные, полученные в ходе исследований, представляют значительный теоретический интерес. Они позволяют вести целенаправленный поиск новых перегруппировок в химии фосфорорганических соединений самых разнообразных типов и, кроме того, открывают пути синтеза изомеров с заданной структурой. На основе разработанных реакций осуществлен синтез потенциально биологически активных соединений. Из нескольких сот испытанных соединений более 70 проявили пестицидную активность, превышающую существующие эталоны. Они проходят дальнейшие испытания.

* Таутомерия — способность некоторых химических соединений существовать в виде двух или нескольких структурно различающихся изомеров, свободно переходящих друг в друга.

СТО ЛЕТ НАЗАД

Немецкий химик-органик О. Витт впервые получил и ввел в технику ряд алокрасителей, разработал теорию зависимости между окраской и строением органических соединений, а также теорию красителей и крашения.

Немецкий физикохимик В. Оствальд (впоследствии иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук, лауреат Нобелевской премии) опубликовал второй том «Учебника общей химии»; основал (совместно с Вант-Гоффом и Аррениусом) «Журнал физической химии». Это не только обеспечило самостоятельность новой научной дисциплины, но и подготовило путь проникновения физики во все области химии.

Образование алмаза в газовой среде

Синтез алмаза — одно из выдающихся достижений науки и техники XX в тия. Широкое использование ственных алмазов в инструмент

ленности, геологоразведке, нефти и газа в значительной способствовало научно-техни- прогрессу — повышению произ- ьности труда, культуры произ- и качества продукции. Совет- ные всегда находились на пере- убежах в области теоретичес- спериментальных исследований зу сверхтвердых материалов. тны работы по синтезу алмазов ита в условиях одновременного твия высоких давлений (до 100 м) и температур (до 2000°С). от метод освоен в промышлен- штабе, ему присущ ряд особен- ограничивающих области при- .

зи с этим большой интерес пред- т работы, посвященные образо- алмаза в условиях, когда он я метастабильной (термодина- неустойчивой) фазой углерода. лено, что этого можно достичь ыми путями, создавая большие ления и осуществляя быстрое жение.

ституте физической химии АН юд руководством члена-корре- та АН СССР Б. В. Дерягина и химических наук Д. В. Федосе- ведены работы по гомогенному анию алмаза при низких давле- Авторы теоретически рассмо- юпросы нуклеации (зародыше- ания) при больших пересыще- впервые показали возможность ия критических зародышей бильных фаз непосредственно в среде, т. е. в отсутствии каких- дложек или посторонних ядер ации. Этот вывод имеет принци- й характер, не зависящий от ного химического состава рас- аемой системы.

тавляя скорости гомогенной ии стабильной и метастабиль- , авторы пришли к выводу: при ном давлении пересыщенной среды существует температура, корость зародышеобразования бильной фазы максимальна. ется несколько кристалличес- дификаций, то все они могут ться, но с разной вероятностью. вод имеет большое фундамен- значение.

тические предсказания полу- сперимент альное подтвержде- де исследований лазерного наг- ров углеводородов и электри- разряда в жидких углеводоро- годами дифракции электронов и ции рентгеновских лучей было льно доказано получение в этих х алмаза и других метастабиль- и атмосферном давлении фаз а. Наряду с ними образуется и для удаления которого разра- оригинальная методика избира- газификации различных фаз а в низкотемпературной плазме. нове теоретических и экспери- ных исследований были сфор- ны правила получения мета стабильных состояний твердого тела при образовании их газовой фазы. Они предусматривают необходимость больших пересыщений, закалки продуктов кристаллизации путем быстрого охлаждения и, наконец, удаления зародышей стабильной фазы.

Проведенные исследования имеют практический выход. Так, разработаны методы синтеза алмазных пленок, устойчивых к переходу в графит при высоких температурах; создан поликристаллический материал — карбонит, свободный от металлических примесей. Предложен метод повышения термопрочности синтетических алмазов путем нанесения тонких алмазных слоев из газовой фазы.

В Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова под руководством В. М. Голянова получены углеродные пленки, по своим свойствам близкие к алмазу, путем конденсации атомов углерода на охлаждаемую подложку. На основе исследований предложены оригинальный способ и аппаратура для синтеза алмазных пленок из графита непосредственно на готовых изделиях. При этом обеспечивается высокая адгезия алмазного покрытия к поверхности изделия. По ряду параметров получаемые пленки соответствуют алмазу, а по механическим свойствам значительно превосходят его. Это и определило перспективность нового материала для различных технических применений, а также широкий выход в практику предложенных разработок. Новизна и оригинальность разработок советских ученых по синтезу алмаза в газовой среде защищены авторскими свидетельствами СССР и 12 патентами ведущих капиталистических стран.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для получения других новых материалов. Кроме того, они представляют немалый интерес при изучении ряда технологических процессов и природных явлений, в которых реализуются большие пересыщения. К таким процессам следует отнести горение твердых топлив, сопровождающееся конденсацией твердых продуктов сгорания, процессы конденсации при расширении в газодинамических лазерах на твердом топливе, получение ультрадисперсных порошков тугоплавких соединений газофазными методами. Образование метастабильных фаз возможно при таких природных явлениях, как сильные взрывы и образование аэрозолей в верхних слоях атмосферы. Гомогенная нуклеация алмаза может рассматриваться как один из путей образования зародышей алмаза в кимберлитовых трубках (трубках взрыва). Важными представляются работы по гомогенной нуклеации алмаза при низких давлениях в связи с гипотезой ученых США о возможном существовании алмазной пыли в межзвездном пространстве. Наличие частиц алмаза размером до 0,1 мкм позволяет объяснить особенности диффузного излучения Галактики. Эти частицы образуются из углерода, выбрасываемого звездами на поздних стадиях их эволюции.

За цикл работ по синтезу алмаза при конденсации углерода при больших пересыщениях и быстром охлаждении образовавшейся твердой фазы Президиум Академии наук СССР присудил доктору химических наук Д. В. Федосееву, члену-корреспонденту АН СССР Б. В. Дерягину и В. М. Голяноеу премию имени Д. И. Менделеева.

Биология и медицина

К тайнам клетки

Любая живая клетка наряду с белками и нуклеиновыми кислотами содержит сложные жироподобные вещества, так называемые липиды. Их биологическая роль долгое время оставалась неясной. Вначале ученые предполагали, что липиды — это всего лишь биологическое топливо, при окислении которого освобождается энергия, необходимая для жизнедеятельности. Затем выяснилось, что липиды — также незаменимый строительный материал для создания клеток [illegible] различных веществ («мембранный транспорт»), на работу многочисленных ферментов, связанных с мембранами, и т. д. В последние годы среди липидов обнаружены и биологически высокоактивные вещества (ганглиозиды, простагландины, лейкотриены и др.), регулирующие поведение клеток, их ответ на действие гормонов и другие внешние стимулы. Особенно важную роль липиды играют в работе мозга и сердечно-сосудистой системы, где нарушения липидного обмена часто становятся причиной тяжелых заболеваний. Поэтому не удивительно, что изучение [illegible], выяснение их структуры и биологических функций стало важным этапом фундаментальных и прикладных исследований в области биохи-

мии, физиологии, иммунологии, медицины и других разделов науки о живом.

Исследования липидов животных, растений и микроорганизмов проводятся уже давно, но особенно интенсивными и эффективными они стали около двадцати лет назад, когда появились новые высокочувствительные и точные методы анализа липидных веществ. Именно в это время направленные планомерные поиски в области липидов начали вести несколько групп советских ученых в Москве, Ленинграде и Харькове. Работа «Структура и функции липидов» — результат коллективного труда этих авторов — отмечена в 1985 г. Государственной премией СССР.

В первую очередь были созданы методы анализа структуры и синтеза липидов, проведены широкие исследования их физико-химических свойств. Модифицируя молекулы липидов, удалось превратить их в точные и эффективные инструменты для исследования мембран так называемым методом зондирования. Созданные липидные зонды сейчас весьма успешно используются во многих отечественных и зарубежных лабораториях. С помощью разработанных методов структурного анализа впервые удалось обнаружить целый ряд ранее неизвестных липидных веществ с уникальными биологическими свойствами, раскрыта роль липидов в эволюции животных.

Были проведены также важные фундаментальные исследования механизмов функционирования липидов в составе биологических мембран в норме и при различных патологических состояниях, в том числе при раке и атеросклерозе, выяснено влияние липидов на свойства многих ферментов, изучена иммунологическая активность липидов. При этом авторами в сотрудничестве с иммунологами, вирусологами и учеными других специальностей обнаружено много новых и порой неожиданных фактов. Установлено, например, что так называемые полисиалоганглиозиды, которые впервые были обнаружены в лаборатории академика Е. М. Крепса, влияют на адаптацию организма к изменению внешних условий, на развитие противоопухолевого иммунитета и на связывание некоторых вирусов с клеточной мембраной (после разрушения этих веществ такие вирусы в клетки уже не проникают).

Следует отметить, что многое было сделано также и для практического использования результатов фундаментальных работ. В настоящее время промышленность выпускает значительное число необходимых чистых липидных веществ, которые ранее приходилось ввозить из-за рубежа. Это открыло новые широкие возможности для многих исследований в биологии, медицине и других областях науки. Разработаны и внедрены также ценные липидные препараты для медицинской диагностики и лечения некоторых заболеваний, для приготовления липидных эмульсий, входящих в состав кровезаменителей и смесей, используемых для парентерального (искусственного) питания.

Холестерин и атеросклероз

В 1973 г. в Научно-исследовательском медицинском центре Техасского университета в Далласе на клетках кожи человека (фибробластах) были обнаружены рецепторы, способные связывать циркулирующие в крови белково-липидные комплексы — липопротеины низкой плотности (ЛНП). Авторами открытия были Майкл С. Браун и Джозеф Л. Голдштейн *(Braun, Goldstein)*. За это открытие и дальнейшее изучение механизмов регуляции холестеринового обмена им была присуждена Нобелевская премия по медицине за 1985 г.

Исследователи задались вопросом: почему у большинства людей в развитых странах содержание ЛНП в плазме крови значительно превышает нормальные величины? Дело в том, что именно ЛНП поставляют холестерин для атеросклеротических бляшек. И чем больше в крови ЛНП, тем быстрее развивается атеросклероз и тем выше вероятность проявления его в тяжелой форме. Поэтому большая распространенность сердечно-сосудистых заболеваний, и в первую очередь таких, как атеросклероз, инфаркт и инсульт, в значительной степени объясняется повышенным содержанием ЛНП в плазме крови. Вместе с тем холестерин абсолютно необходим клеткам животных и человека для построения своих мембран, и главный его источник — ЛНП. Это доказали М. Браун и Дж. Голдштейн. Их открытие коренным образом изменило существующие представления о механизме транспорта липидов и развития атеросклероза.

Извлекая ЛНП из кровеносного русла, клетка не только обеспечивает себя этим веществом, параллельно она выполняет и другую функцию — снижает уровень ЛНП в крови. Ясно, что чем больше рецепторов ЛНП на поверхности клеток и чем эффективнее они взаимодействуют с ЛНП, тем быстрее холестерин удаляется из крови. Когда потребность в нем невелика, клетка синтезирует меньше рецепторов ЛНП, и уровень ЛНП в крови повышается.

Представление о центральной роли рецепторов ЛНП в транспорте холестерина повлекло за собой ряд фундаментальных исследований, а также положило начало лечению тяжелых наследственных форм атеросклероза и внесло некоторую ясность в запутанный вопрос о роли диеты в развитии атеросклероза у человека. Основная информация о роли рецепторов ЛНП в развитии атеросклероза была получена с помощью культуры клеток. Источником холестерина в этом случае является сыворотка крови, добавленная в питательную среду и содержащая ЛНП. Частицы ЛНП представляют собой сферические образования с массой 3 млн. дальтон и диаметром 22 нм. В них имеется ядро, содержащее приблизительно 1500 молекул холестерина, каждая из которых связана эфирной связью с длинноцепочечной жирной кислотой. Ядро из эфиров холестерина окружено слоем фосфолипидов и неэтерифицированных (свободных) молекул холестерина. Гидрофильные (имеющие сродство к воде) части молекул фосфолипидов расположены на поверхности ЛНП, что обеспечивает растворимость ЛНП в крови или внутриклеточной жидкости. В этом гидрофильном чехле расположена также одна крупная белковая молекула, называемая апопротеином В-100.

Ученые показали, что рецепторы ЛНП на поверхности клеток строго избирательны. Именно апопротеин В-100 узнается рецептором и обеспечивает связывание ЛНП с клеткой. Было установлено, что рецептор ЛНП — гликопротеин, т. е. белок, к полипептидной цепи которого присоединены цепочки из остатков сахаров. Его полипептидная цепочка состоит из 839 аминокислотных остатков. Этот гликопротеин пронизывает всю толщу плазматической мембраны, а участок связывания рецептора с ЛНП выступает над поверхностью клетки. Рецепторы узнают только те липопротеины, в состав которых входит апопротеин В-100.

После прикрепления к поверхности ЛНП втягиваются внутрь клетки. Последовательность событий при этом следующая. Участок поверхности плазматической мембраны, к которой прикреплен ЛНП, образует кратер — углубление, и «отшнуровывается» от поверхности в виде эндосом — замкнутых частиц. Кислая среда внутри эндосом способствует диссоциации комплексов. Молекулы рецепторов после диссоциации возвращаются на поверхность клетки, а ЛНП попадают в лизосомы — внутриклеточные образования, где соответствующие ферменты расщепляют апопротеин В-100 и эфиры холестерина. Образующийся свободный холестерин клетка использует в первую очередь для синтеза своих мембран. В некоторых специализированных клетках холестерин расходуется и на другие цели. Так, в клетках надпочечников и яичников он превращается в стероидные гормоны, а в клетках печени — в желчные кислоты, участвующие в пищеварении.

Накапливающийся в клетке холестерин оказывает тройное действие на ее метаболизм. Во-первых, он тормозит синтез холестерина самой клеткой, действуя угнетающе на один из ферментов его синтеза. Во-вторых, индуцирует процесс накопления холестерина в виде эфиров в цитоплазме клетки, активируя другой фермент, который присоединяет к свободному холестерину углеводородные цепи жирных кислот с образованием эфиров. Таким способом избыточный холестерин выводится из оборота. И наконец, в-третьих, что наиболее важ-

ыток холестерина по принци-
ательной обратной связи по-
биосинтез новых рецепто-
П. В результате количество
ров на поверхности клетки
ется, и она начинает связывать
ЛНП.
мер, в активно делящихся в
фибробластах количество
ров на их поверхности макси-
Холестерин при этом полно-
ользуется клетками как строи-
материал для плазматических
. Когда же клеточное деление
дается, поступающий извне
ин начинает накапливаться в
и механизм обратной связи
ет образование новых рецепто-
что их количество может сокра-
в 10 раз. Это было продемон-
но на фибробластах в исследо-
И. Брауна и Дж. Голдштейна, а
клетках крови и многих других
юсле того, как на их мембранах
были обнаружены рецепторы
льше всего их на клетках пече-
ючечников и яичников — орга-
ытывающих особую потребность
ерине.
ное значение имеют работы М.
и Дж. Голдштейна для понима-
анизмов развития атеросклеро-
рецепторов ЛНП в этом про-
ала выясняться после того, как
казано, что их отсутствие ведет
ому врожденному заболева-
емейной гиперхолестеринемии.
уют две ее формы: гетерозигот-
лее тяжелая — гомозиготная. У
ельно часто встречающихся
юдей с гетерозиготной формой
концентрация ЛНП в плазме
двое выше нормы (даже в
пренатального, до рождения,
я), что приводит к поражению
о-сосудистой системы в моло-
расте, до 35 лет. При гомозигот-
ме болезни, встречающейся с
один на миллион, концентра-
кулирующих ЛНП в 6 раз пре-
норму, так что поражение
может развиваться у таких
уже в 2 года и становится
вски необратимым к 20-летнему
.

ауну и Дж. Голдштейну удалось
ь, что и на фибробластах кожи,
ркулирующих клетках крови у
гомозиготной формой семей-
рхолестеринемии либо вообще
кционально активных рецепто-
, либо их число очень мало. Дру-
вами, у таких больных оба гена,
щие синтез рецепторов ЛНП, —
ны, и синтез нормальных рецеп-
НП невозможен. Клетки же гете-
ых больных имеют одну копию
го (дефектного) гена и одну
ную, поэтому они синтезируют
у нормального количества
ров ЛНП.
е справедливо считают, что
енная отсутствием или недо-
рецепторов низкая скорость
я и распада ЛНП — одна из главных причин чрезвычайно высокого уровня ЛНП в крови больных семейной гипорхолестеринемией. Но эта причина не единственная. Дело в том, что ЛНП образуются из липопротеинов промежуточной плотности (ЛПП), количество которых в кровяном русле опять-таки регулируется рецепторами ЛНП на поверхности клеток печени. При гиперхолестеринемии, таким образом, нарушен и процесс быстрого удаления основной массы ЛПП. Это было убедительно показано М. Брауном и Дж. Голдштейном в специальных экспериментах на кроликах.

Выяснение роли рецепторов ЛНП в развитии семейной гиперхолестеринемии позволило наметить пути лечения этого заболевания у больных с его гетерозиготной формой. Ученые обнаружили, что культивируемые клетки, взятые от таких больных, начинают продуцировать нормальное количество рецепторов ЛНП, если просто снизить концентрацию холестерина в культуральной среде. Оказалось, что создать аналогичный дефицит холестерина в организме больного можно, вводя или связывающую желчные кислоты смолу, или вещества, тормозящие его синтез в печени, — компактин или мевинолин. После введения смолы в организм собаки отмечалось некоторое увеличение числа рецепторов ЛНП в печени, а после введения смолы вместе с мевинолином их становилось существенно больше. На уровне организма в целом это проявлялось в том, что скорость удаления ЛНП из крови значительно повышалась, а их концентрация уменьшалась. Каков же механизм этого эффекта?

Основная масса холестерина удаляется из организма человека путем окисления его в желчные кислоты. Если ускорить их выведение, давая больным связывающую желчные кислоты смолу, то потребность печени в холестерине увеличится. В ответ на это в клетках печени образуется больше рецепторов ЛНП и возрастает скорость синтеза холестерина. Блокирование же синтеза холестерина еще более усиливает образование рецепторов ЛНП, и концентрация ЛНП в крови снижается.

Применение описанной комбинации веществ, по существу, усиливающей активность гена синтеза рецепторов ЛНП, не дает эффекта в случае гомозиготной формы заболевания, поскольку у больных ею нет ни одного нормального гена. Чтобы помочь им, следует искать иные способы лечения. Другой возможный путь удаления ЛНП из плазмы крови — это плазмаферез, или гемосорбция.

Какое же отношение могут иметь обнаруженные генетические дефекты рецепторов ЛНП к высокой частоте атеросклероза среди людей, не имеющих таких нарушений? М. Браун и Дж. Голдштейн считают, что в большинстве случаев атеросклероз развивается как следствие неадекватного функционирования генетически нормальных рецепторое и связан с опасно высоким уровнем ЛНП в крови в результате потребления большого количества холестерина и насыщенных фосфолипидов с пищей. Это было подтверждено ими экспериментально в опытах на обезьянах, кроликах и собаках при кормлении животных обогащенной жирами пищей. Образование рецепторов ЛНП в печени подавлялось иногда на 90% и сопровождалось повышением ЛНП и ЛПП в крови.

Придавая первостепенное значение количеству рецепторов ЛНП в клетках печени, М. Браун и Дж. Голдштейн говорят о том, что печень обладает большими возможностями и может прекрасно работать при значительных ограничениях жиров в диете. Чтобы поддерживать высокий уровень рецепторов ЛНП, можно, а иногда и необходимо вообще исключить из нашего рациона такие продукты питания, как яйца, молочные продукты и источники насыщенных жирных кислот. Атеросклероз можно предотвратить рационом с умеренно низким содержанием животных жиров. Это особенно полезно для той части людей, у которых при отсутствии семейной гиперхолестеринемии количество рецепторов ЛНП понижено вследствие неправильной диеты.

Уникальный инструмент нейробиологии

В современной науке о живом важное место занимает изучение молекулярных основ функционирования нервной системы, в частности, расшифровка детального механизма генерации и передачи нервного возбуждения. В основе этого процесса лежат обратимые изменения ионной проницаемости мембраны нервной клетки, обусловленные работой специализированных структур, встроенных в мембрану, — электровозбудимых натриевых и калиевых каналов. С их помощью по нервному волокну распространяется электрический сигнал, который дальше, к другим клеткам, передается с помощью специальных химических веществ — нейромедиаторов. Нейромедиаторы выделяются нервными окончаниями клетки, передающей сигнал, и взаимодействуют с рецепторными структурами в мембранах принимающих клеток, к которым подходит нервное волокно. Рецепторы представляют собой другой тип ионных каналов, так называемые хемовозбудимые ионные каналы, которые управляются определенными медиаторами. Ионные каналы еще сравнительно недавно считались предметом чисто фундаментальных исследований, однако в настоящее время вполне очевиден важный практический аспект этой проблемы — поиск принципиально новых подходов к лечению заболеваний нервной системы.

В исследованиях ее молекулярной организации за последние несколько

лет достигнут столь значительный прогресс, что можно говорить о формировании новой области науки — молекулярной нейробиологии. Главное ее достижение — определение первичных структур рецептора важнейшего нейромедиатора — ацетилхолина и натриевых каналов электровозбудимых мембран (каждый из них — это высокомолекулярный белково-углеводный комплекс, гликопротеин, содержащий около 2000 аминокислотных остатков!).

В значительной степени успех этих работ обусловлен тем, что в нейробиологию пришли методы генной инженерии. Однако именно на примере рецептора ацетилхолина (или, по-другому

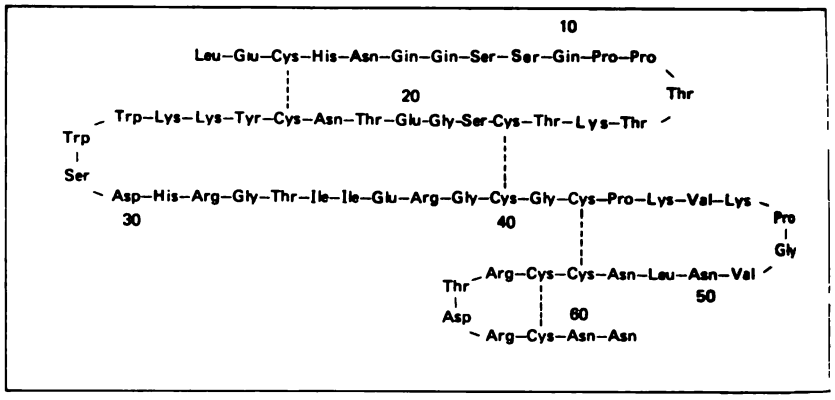


Рис. 1. Первичная структура (последовательность остатков аминокислот) нейротоксина II из яда кобры Naja naja oxiana. Пунктиром указаны дисульфидные (—S—S—) мостики, соединяющие отдельные участки полипептидной цепи

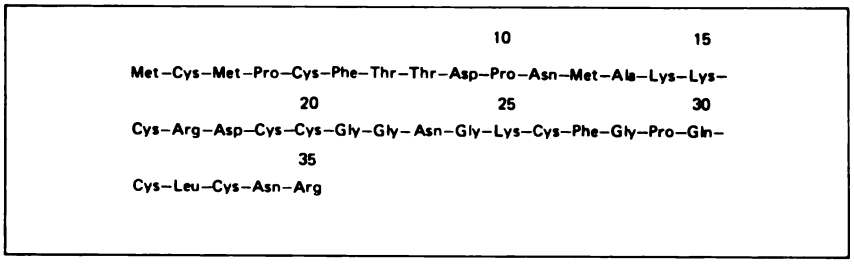
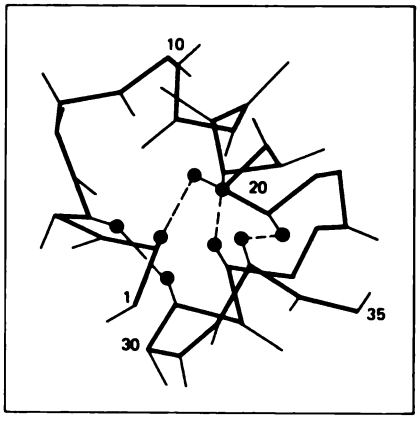


Рис. 2. Первичная аминокислотная последовательность (вверху) и пространственная структура инсектотоксина I_5A из яда скорпиона Buthus eupeus (внизу). Пунктирными линиями обозначены дисульфидные связи. Жирные линии показывают ход полипептидной цепи, тонкие — боковые цепи

холинорецептора) и натриевых каналов видно, какую неоценимую помощь оказали исследователям различные нейротоксины — уникальные высокоспециализированные «инструменты» нейробиологии.

Дело в том, что в процессе эволюции ионные каналы стали своеобразными мишенями для разнообразных природных нейротоксинов, продуцируемых животными, растениями или микроорганизмами. Например, компоненты яда скорпиона воздействуют только на электровозбудимые ионные каналы нервного волокна, а из яда некоторых змей можно выделить вещества, очень прочно связывающиеся с рецептором ацетилхолина. Поэтому именно нейротоксины позволяют надежно обнаруживать рецепторы в мембране и выделять их в индивидуальном виде, а также контролировать реконструкцию канала из очищенных от посторонних веществ или даже «разобранных» на фрагменты молекулярных комплексов.

Интересно отметить, что первые структурные исследования холинорецептора, который сейчас является наиболее детально изученным компонентом системы проведения нервного импульса, были выполнены около 15 лет назад. Тогда же в мире стали активно развиваться и исследования нейротоксинов змей, в основном касающиеся их первичной структуры, т. е. последовательности аминокислотных остатков в полипептидной цепи. В нашей стране в 1973 г. по инициативе академика Ю. А. Овчинникова была создана комплексная научная программа «Нервный импульс», в рамках которой планировалась разработка общих принципов комплексного использования нейротоксинов как инструментов исследования ионных каналов и рецепторных



систем мембран нервных клеток. Выполненные в течение последующего десятилетия работы по этой программе дали ценную информацию как о токсинах, так и о соответствующих каналах. Эти приоритетные исследования получили широкое международное признание, а их участникам за цикл работ «Нейротоксины как инструменты исследования молекулярных механизмов генерации нервного импульса» в 1985 г. была присуждена Государственная премия СССР.

Расскажем коротко о некоторых результатах этих исследований. На первом этапе был проведен скрининг (изучение и отбор) ядов многих животных (более 60 видов среднеазиатских змей, пауков, скорпионов и т. д.) и обнаружены разнообразные нейротоксины, действующие на натриевые каналы нервного волокна и различные хеморецепторы. В индивидуальном виде было выделено около 40 токсинов (большая часть впервые), а для 10 из них установлены полные первичные структуры. Некоторые из этих веществ, скажем, нейротоксин II из яда кобры (рис. 1) подобны по своему строению (гомологичны) тем токсинам животных, обитающих в других регионах мира, которые исследовались в зарубежных лабораториях. Однако были открыты и новые типы нейротоксинов: например, группа токсинов скорпиона «короткого» типа (рис. 2).

Очищенные природные нейротоксины можно использовать в фармакологических или электрофизиологических экспериментах как таковые. Но для того чтобы с их помощью обнаружить и выделить ионные каналы, в молекулу токсина необходимо вводить специальные метки: радиоактивные, фотоактивируемые, флуоресцентные и др. Это достигается с помощью селективной химической модификации молекул. В общей сложности было получено более 70 биологически активных аналогов природных нейротоксинов с точно установленным положением введенных меток. Принципиальная возможность получения аналогов нейротоксинов с помощью методов пептидного синтеза была показана на примере нейротоксина II: полученный синтетический продукт по широкому спектру тестов оказался неотличим от природного нейротоксина. Однако такие синтезы (по существу, синтезы белков!) чрезвычайно сложны. В настоящее время, несомненно, более рационально необходимые белки получать с помощью методов генетической инженерии.

Чтобы понять, какими образом нейро-

находят свою мишень в
истеме, недостаточно знать их
ое строение. Нужно выяснить
твенную структуру, устано-
расположены в ней активные
ки, служащие молекуле ней-
своеобразными щупальцами.
важно также получить пред-
не только о «статической»
вещества, но и выяснить ее
ские характеристики, т. е.
в различных условиях вне-
ды.
плические структуры некото-
токсинов из ядов змей и скор-
ыли расшифрованы в конце
чале 80-х гг. в США и ФРГ, а
исследования простран-
строения нейротоксинов в
впервые были выполнены в
ране. Для токсинов кобр (60—
кислотных остатков) основная
ия была получена методом
магнитного резонанса (ЯМР), а
серия упоминавшихся выше
ю модифицированных произ-
тих веществ позволила вы-
нформацию (пространствен-
ложение фрагментов) мо-
етодами флуоресценции и
ого парамагнитного резо-
Р).
енный анализ показал, в част-
нейротоксины из ядов раз-
бр имеют очень похожую кон-
в растворе, которая, в свою
подобна их кристаллической
. Обнаружены и определен-
ичия в конформационной
сти между отдельными пред-
ми большого семейства ней-
в. Подвижность определен-
пировок в молекуле токсина
условливать ее способность к
кам» при связывании с рецеп-
соответственно большую
шую эффективность воздей-

анственные структуры в рас-
и установлены также для апа-
яда пчелы и инсектотоксина
да скорпиона *Buthus eupeus*.
структура инсектотоксина с
метода двумерной ЯМР-спект-
расшифрована с точностью,
ющей возможностям рентгено-
ого анализа высокого разре-
ис. 2). Следует подчеркнуть,
еноструктурные данные для
вычайно интересных нейро-
пока отсутствуют, и получен-
ьтаты — единственный источ-
рмации об их пространствен-
изации.
химической и пространствен-
ктуры нейротоксинов позво-
казать ряд предположений о
образом эти соединения свя-
со своими мишенями. Кроме
ифицированные аналоги ней-
II, содержащие, как говори-
е, в определенных местах
флуоресцентные, фотоакти-
гие метки, помогли полу-
кспериментальные дан-

Рис. 3. Модель связывания нейротоксина II Naja naja oxiana с холинорецептором. С одной молекулой рецептора, состоящей из α, β, γ и д субъединиц, связываются две молекулы нейротоксина. Кружками обозначены метки, селективно введенные в указанные положения молекулы нейротоксина (полностью закрашенные кружки у остатков Lys 44 означают, что эти группировки не контактируют с рецептором).

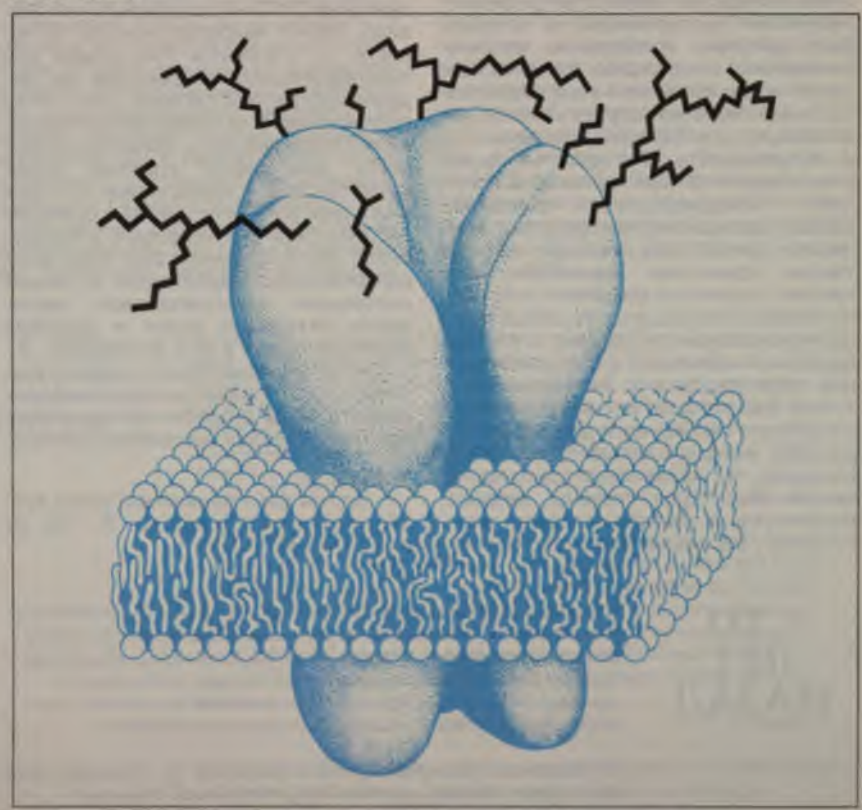


Рис. 4. Схема расположения натриевого канала в мембране по данным электронной микроскопии

ные о пространственной структуре комплексов этих соединений с очищенным холинорецептором. Причем была изучена «связывающая поверхность» не только нейротоксинов, но и самого рецептора (рис. 3).

Основные трудности в исследовании натриевых каналов обусловлены их чрезвычайно низким содержанием в тканях. В описываемой работе натриевые каналы были идентифицированы в электровозбудимых мембранах из мозга крысы и нервов краба с помощью радиоактивных производных нейротоксинов скорпионов и тетродотоксина (небелкового нейротоксина). Затем каналы удалось выделить в очищенном состоянии. Значение молекулярной массы и данные о составе мембранного гликопротеина, которым является натриевый канал, согласуются с результатами аналогичных исследований некоторых зарубежных лабораторий. Были проведены детальные электронно-микроскопические исследования препаратов натриевых каналов. В результате впервые получена информация о форме и расположении в мембране молекулы натриевого канала (рис. 4). Интересно заметить, что пространственные организации натриевого канала и холинорецептора очень похожи.

Структурой полипептидных нейротоксинов, разумеется, не исчерпывается все сделанное для изучения процессов нервной проводимости. Безусловно, очень интересны также электрофизиологические эксперименты, в которых было детально исследовано влияние пептидных и алкалоидных токсинов (батрахотоксин, аконитин и вератридин) на основные свойства натриевых каналов: активацию, инактивацию, проводимость и селективность. Эти работы также имеют приоритетный характер и получили международное признание. Однако исследователям предстоит еще пройти долгий путь, прежде чем за такими принятыми понятиями, как «устье», «воротный механизм» или «регуляторный центр», встанут конкретные функциональные группировки с точным адресом в химической и пространственной структуре канала. Это касается не только уже отчасти изученного сейчас натриевого канала, но и других, исследование которых только начинается, например, так называемых пресинаптических рецепторов системы выброса медиаторов. К счастью, природа позаботилась об исследователях, и нет такого ионного канала, который в то же время не был бы рецептором какого-либо — пусть даже самого экзотического — нейротоксина.

Новое в лечении сердечных аритмий

Одна из наиболее актуальных проблем современной кардиологии — поиск новых эффективных средств для лечения и профилактики болезней сердца, в частности, нарушений сердечного ритма (аритмий). Аритмии — наиболее частое осложнение, сопровождающее многие сердечно-сосудистые заболевания, например ишемическую болезнь сердца. Значение проблемы велико еще и потому, что наиболее опасный вид нарушений ритма сердца — фибрилляция желудочков — часто приводит к внезапной смерти.

Один из основных путей создания новых лекарственных препаратов — изучение зависимости между химическим строением веществ и их фармакологическим действием. В конце 50-х гг. в Институте фармакологии АМН СССР были начаты широкие исследования ряда ранее не изученных диалкиламиноацильных производных фенотиазина. Свойства их диалкиламиноалкильных аналогов были хорошо известны ранее, так как они применялись в клинике как нейролептики. Оказалось, что при замене алкильных радикалов (R—) на ацильные (RCO—) соединения, как правило, теряют нейролептическую активность, но становятся пригодными для терапевтического воздействия на сердечно-сосудистую систему. Этот факт стал ключом к дальнейшим исследованиям. Чтобы выяснить, какие же особенности химического строения более всего связаны с проявлением того или иного действия на сердечно-сосудистую систему, было синтезировано и изучено около 200 соединений. Они содержали разнообразные заместители в разных положениях фенотиазинового цикла, имели различную длину и строение ацильной группы в 10-м положении*.

Для целенаправленного поиска и изучения свойств новых антиаритмических веществ была разработана многоэтапная методическая программа фармакологических исследований. Она включала определенный набор модельных экспериментов на животных, в которых специальными методами можно воспроизводить нарушения ритма сердца различного характера. Такие модели позволили отобрать наиболее эффективные и наименее токсичные вещества среди новых химических соединений и охарактеризовать спектр их действия.

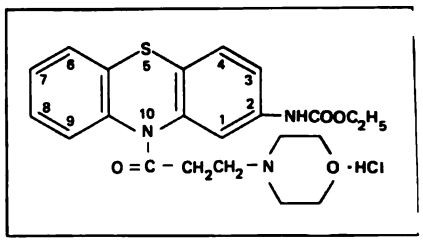


Рис. 1. Структурная формула этмозина — 2 карбэтоксиамино-10 (3-морфолилпропионил)-фенотиазина гидрохлорид

Было показано, что антиаритмические свойства ацильных производных фенотиазина значительно усиливаются, если в положении 2 фенотиазинового цикла содержатся различные уретановые группы (общая формула уретанов R′R″N—COOR) и что это положение заместителя наиболее удачно для проявления веществом антиаритмической активности. Среди изученных соединений был отобран препарат, представляющий собой 2-карбэтоксиамино-10 (3-морфолилпропионил)-фенотиазина гидрохлорид, получивший название «этмозин» (рис. 1).

Было показано, что этмозин эффективен при нарушениях ритма сокращений и предсердий, и желудочков сердца. В дозе 0,14 мг/кг веса у 50% животных он предупреждает также развитие аритмий предсердно-желудочкового (смешанного) типа, которые вызывают экспериментально с помощью специального вещества аконитина. Очень важный показатель широты терапевтического (лечебного) действия лекарственного препарата — его антиаритмический индекс. Для этмозина он гораздо больше, чем для давно использующихся типичных антиаритмических средств: хинидина и новокаинамида, т. е. этмозин может быть использован в значительно большем диапазоне доз.

Терапевтические и побочные эффекты антиаритмических сердечных средств обусловлены, как правило, одними и теми же механизмами, т. е. связаны с их вначале положительным, а затем отрицательным влиянием на основные функции сердца — возбудимость, проводимость, сократимость (сила сокращения) и рефрактерность (преходящее состояние пониженной возбудимости сердечной мышцы после ее возбуждения). Поэтому среди антиаритмических веществ почти отсутствуют препараты, сочетающие большую терапевтическую широту с высо-

* Атомы фенотиазинового цикла принято нумеровать от 1 до 10, как на рис. 1. — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

Русский микробиолог С. Н. Виноградский (впоследствии почетный член Российской Академии наук) впервые доказал, что существуют бактерии — анорганоксиданты, способные за счет энергии окисления неорганических соединений усваивать углекислый газ как единственный источник углерода. Этот процесс получил название хемосинтеза.

Итальянский ботаник-миколог профессор П. Саккардо предпринимает составление сводки, содержащей описание (на латинском языке) всех известных грибов. При жизни ученого вышли 22 тома этой гигантской работы (издание продолжалось и позднее).

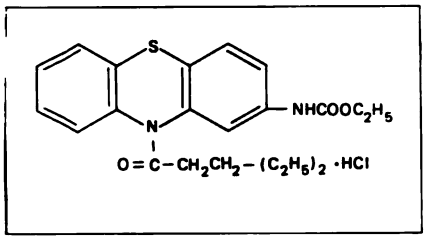


Рис. 2. Структурная формула этацизина — 2 карбэтоксиамино-10 (3-диэтиламинопропионил)-фенотиазина гидрохлорид

кой эффективностью. Именно такое сочетание свойств характерно для этмозина. На специальной модели (изолированном предсердии кролика) по тесту максимально воспроизводимой частоты сокращений при постоянной интенсивности стимуляции, косвенно связанной с величиной рефрактерного периода сердца, было установлено, что этмозин в 10 раз эффективнее широко применяемого в клинике препарата лидокаина, в 33 раза — хинидина, в 200 раз — новокаинамида.

Было показано также, что этмозин особенно эффективен при аритмиях желудочкового типа. Это было установлено в опытах на бодрствующих (без наркоза) собаках при аритмии, вызванной двухэтапной перевязкой нисходящей ветви левой коронарной артерии. Метод моделирует стойкие желудочковые нарушения сердечного ритма, которые появляются через 24 часа после перевязки коронарной артерии в результате развившегося инфаркта миокарда.

Однако наряду с большими достоинствами этмозина необходимо отметить кратковременность его действия. Поэтому для поддержания стойкого эффекта нужно применять препарат в достаточно больших дозах. Значит, следующий этап работы — создание средств с более интенсивным и длительным действием. Таким требованиям в определенной мере удовлетворяет структурный аналог этмозина: 2-карбэтоксиамино-10(3-диэтиламинопропионил)-фенотиазина гидрохлорид, получивший название «этацизин» (рис 2).

Изучение этацизина проводили в сравнении с этмозином. Было установлено, что он подобно этмозину эффективен на моделях нарушений сердечного ритма как предсердного, так и желудочкового характера. На большинстве моделей аритмий этацизин превосходит этмозин более чем в 2 раза по интенсивности и в 4—5 раз — по длительности эффекта и так же, как и этмозин, имеет большую терапевтическую широту. Кроме того, в отличие от этмозина он обладает способностью значительно (в 3—4 раза) и длительно (до 1,5 часов) повышать порог электрической фибрилляции сердца. Это значит, что сила электрического тока, необходимая для возникновения фибрилляции (беспорядочного сокращения сердечной мышцы), на фоне этацизина гораздо больше.

В специальной серии экспериментов было исследовано действие этмозина и этацизина на импульсы симпатической нервной системы, контролирующие деятельность сердца. Установлено, что этацизин в большей степени, чем этмозин, уменьшает биоэлектрическую активность в симпатических нервах сердца, устраняя, таким образом, усиленные при аритмии симпатические влияния на миокард. Эти свойства, по-видимому, играют определенную роль в развитии антиаритмического и антифибрилляторного эффектов препарата.

Как известно, нарушения сердечного ритма — одно из самых опасных осложнений инфаркта миокарда. Естественно поэтому, что в его комплексной терапии предусматривается применение антиаритмических средств. Вместе с тем их выбор представляет собой очень трудную задачу, ибо наряду со специфическим антиаритмическим действием каждого из препаратов важно их влияние на кровоснабжение, функциональное состояние и величину очага ишемии, т. е. участка сердечной мышцы, к которому уменьшился или прекратился приток крови. При исследовании антиишемических свойств этмозина и этацизина было установлено, что этацизин улучшает кровоснабжение и функциональное состояние очага ишемии миокарда и ограничивает размер зоны инфаркта. У этмозина эти свойства выражены слабо. Таким образом, этацизин не только превосходит этмозин по силе и длительности антиаритмического эффекта, не только обладает антифибрилляторными свойствами, но и улучшает функциональное состояние очага ишемии и уменьшает размер повреждения.

Для оценки отобранных соединений важно выяснить электрофизиологические механизмы развития антиаритмического эффекта. Их изучение для этмозина и этацизина проводили в лаборатории электрофизиологии сердца ВКНЦ АМН СССР. Было установлено, что оба препарата уменьшают так называемый быстрый входящий натриевый ток, стабилизируя тем самым состояние мембран клеток миокарда. (Как известно, мышечные сокращения связаны с переходом через мембрану клетки некоторых ионов, в частности, ионов натрия и кальция.) При этом этацизин в отличие от этмозина более интенсивно и длительно угнетает быстрый входящий натриевый ток, а также вызывает преходящее угнетение медленного тока ионов кальция. Возможно, именно с этой особенностью этацизина связано то, что он увеличивает порог электрической фибрилляции сердца и улучшает состояние очага ишемии. Электрофизиологические свойства этмозина и этацизина определили их место среди существующих антиаритмических средств: в соответствии с современной классификацией они относятся к группе веществ с хинидиноподобными (мембраностабилизирующими) свойствами.

Испытания этмозина и этацизина проводились в ряде клиник нашей страны. Оба препарата обладают выраженным антиаритмическим действием на больных с различными формами желудочковых и наджелудочковых (или предсердных) нарушений ритма сердца: экстрасистолиями — появлением преждевременных, неритмических сокращений сердца, тахикардией — повышенной частотой сокращений, пароксизмами мерцательной аритмии — приступами нерегулярных множественных волн сокращений миокарда предсердий.

В частности, 600—900 мг этмозина и 150—200 мг этацизина в сутки (внутрь в 3—4 приема) оказывают антиаритмическое действие на большинство больных с экстрасистолией желудочков: этмозин в 55—60% случаев, а этацизин — в 85—90%.

СТО ЛЕТ НАЗАД

МЕКСИКА. Изменяющиеся цветы. В Кордове обнаружен цветок, называемый научным именем «хибискус мутабилис». Он происходит из Ост-Индии и отличается тем, что меняет свои цвета: утром бывает белым, после полудня красным и вечером синим; чудесный запах его ощущается только в полдень. Замечательный цветок этот распространен особенно по побережью.

«Нива»

БЕРЛИН. Бактерии во льду. Профессор Френкель в Берлине сделал чрезвычайно любопытное открытие. Благодаря тщательным исследованиям, он доказал присутствие бактерий во льду. На основании этого он приходит к заключению, что следует избегать употребления в пищу природного льда ввиду обильного содержания в нем способных к развитию бактерий; непригоден он и для прикладывания к ранам.

«Нива»

ГЕРМАНИЯ. По словам одной газеты, берлинский врач Шейерлейн открыл недавно бактерию рака, существование которой как причина раковидных заболеваний давно уже подозревалось. Бактерия эта имеет овальную форму.

«Вокруг света»

Таким образом, поиск антиаритмических средств среди диалкиламиноацильных производных фенотиазина увенчался созданием и внедрением в медицинскую практику двух эффективных, оригинальных по спектру и механизмам действия, хорошо переносимых препаратов. За эту многолетнюю работу коллектив авторов удостоен Государственной премии СССР за 1985г.

Лечение ожогов в абактериальной среде

Развитие техники, к сожалению, сопровождается повышением травматизма. Тут и термические поражения, и ожоги от электрических приборов и агрессивных химических веществ. Поэтому весьма актуальны поиски новых методов лечения ожогов. До последнего времени основным способом лечения термических поражений был так называемый повязочный, или закрытый, способ с использованием различных лекарственных антибактериальных препаратов на масляной основе и растворов антисептиков. Однако результаты такого лечения не всегда удовлетворяют клиницистов, в частности, из-за недостаточной эффективности препаратов. Кроме того, в последнее время появились антибиотикоустойчивые штаммы микроорганизмов, что увеличило риск возникновения сепсиса. Стало очевидно, что необходим отход от традиционных методов лечения, нужны новые разработки.

Еще в 1888 г. впервые русским врачом Д. П. Никольским был предложен открытый (бесповязочный) метод лечения ожогов. Но этот способ был весьма травматичен, при более или менее обширных поражениях требовал наркоза и не гарантировал от нагноения ожоговой раны. Его недостатки — развитие бактериальной инфекции, которое приводило к общей интоксикации организма — объяснялись вредным влиянием внешней воздушной среды, которая агрессивна для любой открытой раны, независимо от ее происхождения. Со временем большинство хирургов отказались от открытого и вернулись к закрытому методу лечения. Полный отказ от открытого метода, имеющего свои достоинства, в 30—40-е годы был оправдан, так как бесповязочный метод требовал строгой изоляции пораженной части тела больного от внешней среды, а значит, и соответствующего оснащения гнойно-хирургических отделений, что тогда было практически невозможно.

Разработка устройств и помещений с чистым и сверхчистым воздухом для электроники, авиации, космонавтики, некоторых областей биологии открыла перед хирургами принципиально новые возможности. В конце 70-х гг группа сотрудников Института хирургии имени А. В. Вишневского АМН СССР и производственного объединения «Одесхолодмаш» Минхиммаша СССР приступила к созданию принципиально новых устройств и методов лечения ожогов. Было очевидно, что необходимо изолировать ожоговую рану от влияния внутригоспитальной инфекции, поместив ее в среду абактериального воздуха, а затем разработать научно обоснованную методику лечения путем регулирования условий (температуры, давления, влажности) стерильной среды в зависимости от состояния раны. Такая методика и ряд аэротерапевтических установок (АТУ) были созданы впервые в отечественной практике.

Рис. 1. Лечение в локальном изоляторе с регулируемой средой установки АТУ-3

Рис. 2. Лечение с помощью установки АТУ-5

Созданы установки АТУ ч модификаций. АТУ-1 предназ для лечения обширных профи ожогов в условиях республикан областных ожоговых центров, бо крупных населенных пунктов. Ее а АТУ-2 — для лечения детей с о ными ожогами. Установка АТУ-3 с для интенсивной терапии травма ких поражений (ожогов, обморож послеожоговых трофических я условиях районных, городских бо областных и республиканских ожо центров (рис. 1). Возможно одновр ное лечение группы от 2 до 5 боль одной или двух смежных палатах. рассчитана на обслуживание о больного в больнице любого (рис 2).

Аэротерапевтические уста состоят из вентиляционного агр прогоняющего воздух через фи грубой и тонкой очистки, устро шумоглушения и системы электро управления, с помощью которой р руются и поддерживаются показ температуры, давления и влаж стерильного воздуха. Установки, женные также специальными рами-изоляторами, изготовленны прозрачной полихлорвиниловой пл предназначены для круглосут работы в устойчивом автоматич режиме и надежно защищен аварийных ситуаций.

Методика лечения в изолято регулируемой средой зависит о пени поражения и коротко сост следующем. При поступлении бол например с ожогами II—IIIa степен чала производится первичная ботка раны, удаляются все инор тела и отслоившийся эпидермис ний слой кожи), рана промыв вскрываются ожоговые пузыри. вые кожные покровы обрабатыв йодно-спиртовым или 1% раст йодопирона. Затем пораженные у тела, скажем руку или ногу бол помещают в стерильный изолято 1, 2), который подсоединяет соответствующему гибкому возд ду. (В данном случае речь идет о новках типа АТУ-3 и АТУ-5.) Контр параметрами среды непосредстве изоляторе осуществляется при п специального прибора.

Лечение больных с поверхнос ожогами II—IIIa степени в лока изоляторах не требует операт вмешательства, рана, как пр заживает самостоятельно. Чере часов от начала лечения у та ных стихает или полнос боль, через 12—24 [illegible] о

сходит спонтанная эпителиза- овой раны. При необходимости 3—4 дня рану осматривают, ивают с соблюдением строгих септики и антисептики и вновь т в изолятор. Обычно больные реносят такую обработку без тельной анестезии.

е в лечении поверхностных - изменение параметров абак- ой среды в зависимости от ста- есса. В большинстве случаев к ю отмечается спонтанная эпи- я раны, причем функция коне- нарушается (рис. 3).

е больных с глубокими IIIб—IV ожогами протекает во многом у. Если при лечении поверх- ожогов условия среды способ- как было сказано, скорейшему влению целостности кожных за счет спонтанной эпителиза- из сохранившихся эпителиаль- ок дермы, то при глубоких ожо- ется пересадка кожи — ауто- нсплантация. Следовательно, ся тактика лечения и режимы альной среды, не говоря уже о предварительная обработка лее сложная. Эффективная лечения глубоких локальных АТУ-3 и АТУ-5 разработана в мировой практике.

м, что кроме лечения ожогов гановки помогают лечить раз- равмы мягких тканей, в частно- после хирургических вмеша- при открытых переломах и т. п. как правило, комплексное и с принципами активной хирур- и в случае ожогов, регулиру- актериальная среда создает ные условия для заживления лирует ее от внешней среды, а кционном процессе за корот- подавляет развитие патоген- офлоры.

хнических решений при разра- ротерапевтических установок на уровне изобретений и авторскими свидетельствами. тические фильтры-глушители, ые в двухстенные элементы оригинальное устройство для кисти при тяжелых травмах, реабилитации обожжен- ускоряющий выздо- повка циклически турой и др. рапевтических ов лечения в

Рис. 3. Ожог II—IIIа степени кистей рук при поступлении, через 48 часов от начала лечения в АТУ-3 (снимок сделан вне изолятора, в перевязочной), через 10 дней и на 18 сутки (ожоги полностью зажили)

клиническую практику значительно снизило летальность при обширных гнойных ранах и ожогах, улучшило общие результаты лечения, в среднем в полтора-два раза сократило сроки пребывания больных в стационаре и время их нетрудоспособности, существенно уменьшило число осложнений и выходов на инвалидность.

Помимо социального, установки и новые методы лечения дают большой экономический эффект, исчисляемый сотнями тысяч рублей. Установками типа АТУ уже оснащены ведущие клиники крупных городов СССР. В ближайшее время предстоит внедрить их во все республиканские, городские, районные ожоговые центры и хирургические отделения крупных клинических больниц страны. Группа медиков и инженеров, создавших новые методы и технику для лечения ран и ожогов, под руководством академика АМН СССР М. И. Кузина удостоена Государственной премии СССР за 1985 г.

Красная книга Грузинской ССР

Неповторима и прекрасна природа Грузии. Скальные отроги, снежные пики и мощные горные цепи образуют крупнейшую в Европе горную страну — Кавказ. Вершины Шхара, Ушба, Шхельда, Тетнульд, Казбек (Мкинвари), сотни других, скованных льдом богатырей, возвышаются до 5000 м, а Эльбрус, величайшая вершина Европы (5642 м), смотрит на них, отступив в сторону в гордом одиночестве.

Именно характерные особенности рельефа и климата — от влажных субтропиков до вечных снегов — определяют разнообразие ценнейших видов флоры и фауны республики. Достаточно сказать, что только ее растительный мир насчитывает более 6 тыс. видов растений. На территории Грузии, площадь которой составляет всего 69,7 тыс. км², обитают тур, безоаровый козел, серна, кавказский олень, косуля, дикий кабан, бурый медведь, волк, полосатая гиена, леопард, рысь, фазан, улар, кавказский тетерев, каменная куропатка, орел, сокол, многочисленные певчие птицы и др.

По территории Грузии протекает более 25 тыс. больших и малых рек, в 850 живописных озерах, занимающих площадь 170 км², водятся такие ценные рыбы, как форель, лосось, сазан, сом, храмули, колхидский подуст, мурца, колхидский усач, а в прибрежных водах Черного моря — атлантический осетр и многие другие.

И все-таки, несмотря на богатство растительного и животного мира, который хорошо приспособлен к условиям обитания, его численность в настоящее время значительно уменьшилась. Прежде всего это касается охотничьих животных и дикорастущих лекарственных растений. В Грузии, как и в других регионах страны, подобное явление связано с усилением хозяйственной деятельности, освоением естественных мест обитания животных, использованием степных территорий под пастбища, развитием транспорта, строительством дорог и гидротехнических сооружений. Вносят свой вклад и неумеренное использование ядохимикатов и минеральных удобрений, а также хищническая охота в прошлом и имеющие место и теперь случаи браконьерства.

Человечество слишком часто ошибалось, считая неисчерпаемыми ресурсы живого мира. Вспомним горькую участь стеллеровой коровы, бескрылой гагарки, странствующего голубя и других видов животных и растений, от которых теперь остались лишь музейные экспонаты или сухие экземпляры в гербарийных хранилищах. Вспомним затем недавнее отношение к хищным птицам, которых, по нашей необдуманности, считали вредными и за их уничтожение даже выплачивали премии.

Редкие или находящиеся на грани

900-летний телавский дуб

исчезновения животные и растения — такие слова все чаще встречаются рядом с названиями различных представителей флоры и фауны нашей планеты. В сохранении этих видов растений и животных большую роль играет международная Красная книга, издаваемая под эгидой Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП).

По его примеру в ряде стран мира, в том числе и в СССР, где охрана всего видового многообразия диких растений и животных в естественных условиях является делом государственной важности, была создана Красная книга СССР, которая не подменяет, а дополняет Красную книгу МСОП.

Чтобы привлечь внимание общественности к этим проблемам и определить связанные с ними задачи, правительство Грузии в 1977 г. приняло решение издать Красную книгу Грузинской ССР. Ведение ее было поручено Государственному комитету Грузинской ССР по охране природы, который совместно с Академией наук ГССР и Тбилисским государственным университетом подготовили академическое издание Красной книги Грузинской ССР, а издательство «Сабчота Сакартвело» в 1982 г. выпустило ее на грузинском языке тиражом 5000 экземпляров.

В подготовительный период большую работу провели научно-исследовательские институты зоологии, ботаники, биологии, географии и геологии Академии наук Грузинской ССР, коллектив ученых Тбилисского государственного университета, Институт горного лесоводства, Главное управление заповедников и охотничьего хозяйства, Министерство лесного хозяйства Грузинской ССР, общество охотников и рыболовов Грузинской ССР, специалисты «Грузчеррыбвода», Зоологического парка, Государственного музея имени Джанашия и сотрудники Государственного комитета ГССР по охране природы — всего более 70 ученых и специалистов. В издание вложили свое мастерство книгопечатники. Книга примечательна не только своим содержанием, но и многочисленными иллюстрациями. И как результат большого труда, сегодня у нас в руках безмолвный свидетель необдуманных действий предшествующих поколений и кредо нашей будущей деятельности — Красная книга Грузинской ССР, за создание которой группе ученых и специалистов присуждена Государственная премия Грузинской ССР за 1985 г.

Первая часть Красной книги содержит данные о 64 видах редких и находящихся на грани исчезновения представителей животного мира, которые разделены на три группы: почти исчезнувшие или обитающие в неприступных районах, виды на грани исчезновения и редкие виды. Дается подробное описание статуса, распространения и состояния каждого вида на сегодняшний день, их численность в природе, размно-

Олененок

казский

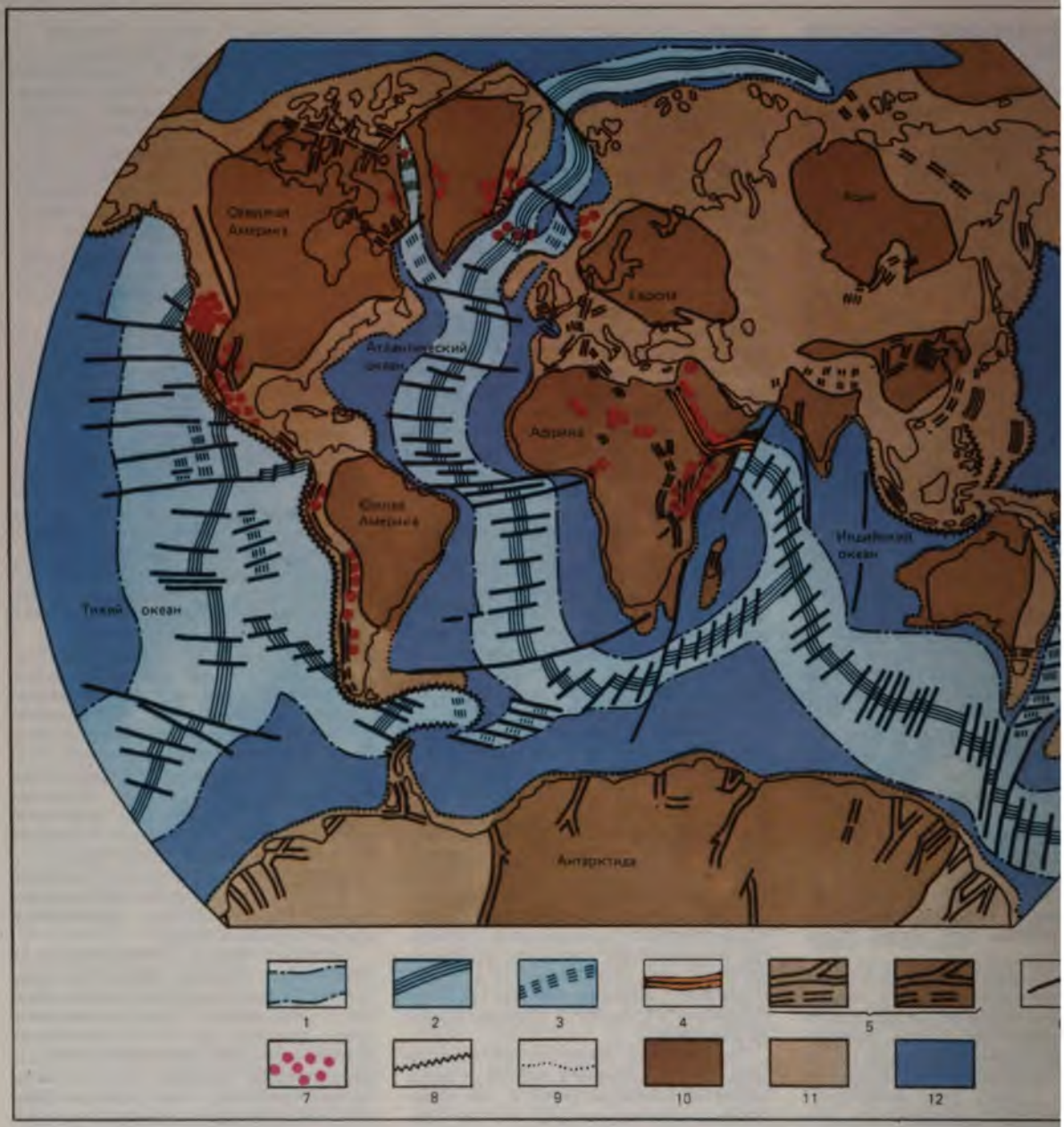
раги, конкуренты, заболевания, изменения численности, количивущих в неволе, размножение , меры, принятые для охраны, мые охранные мероприятия и и информации.

горой части Красной книги ведения о 161 редком и исчезаде растений. Для каждого вида ы жизненная форма, значение, сокращения запасов, принятые димые меры охраны, источники ции.

образие природных факторов на территории Грузии и интенсивные геоморфологические процессы ставят перед учеными своеобразные проблемы. Поэтому в отличие от Красных книг, изданных на других языках, в третью часть грузинской Книги вошли расположенные на территории республики некоторые памятники живой и неживой природы, имеющие эстетическую и научную ценность, — это долговечные деревья, геологические и геоморфологические памятники (перемещенные и качающиеся глыбы, естественные столбы и башни, каньоны и ущелья, вулканические формы, природные мосты, перигляционные формы, травертины, псевдокарсты, кристаллы кварца, ископаемый лес и фауна, обсидиановое месторождение, запутанная слоистость, грязевые вулканы, гидрографические памятники) — всего 77 единиц, также подлежащих охране. К Книге приложена карта Грузинской ССР, на которой нанесены памятники неорганической природы.

Издание Красной книги Грузинской ССР — само по себе значительное явление в общественной жизни республики. Она — предупреждение, воззвание, протест, мольба, рука помощи, протянутая природе, призыв к обдуманным действиям.

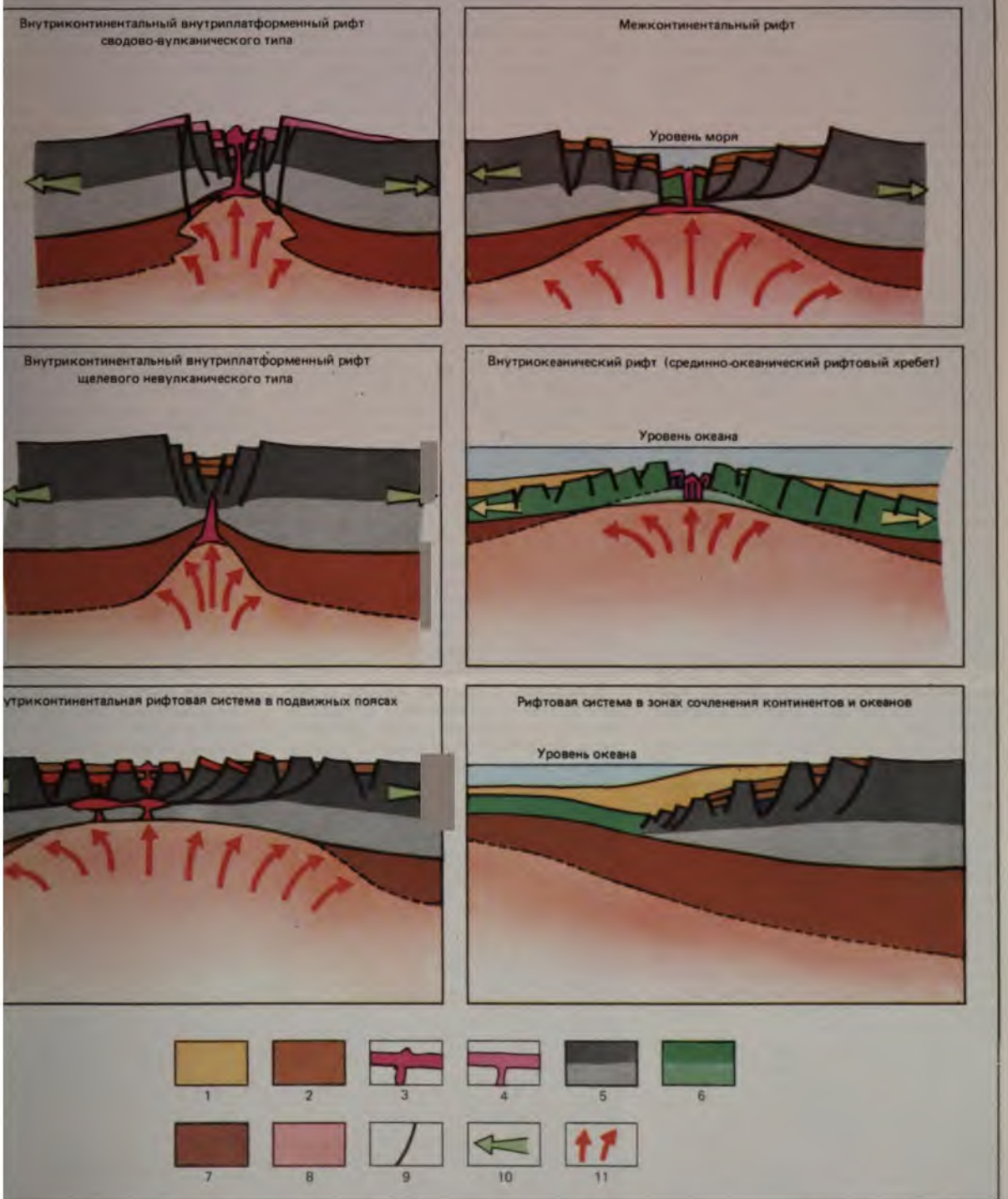
В третьем и четвертом изданиях международной Красной книги и во втором



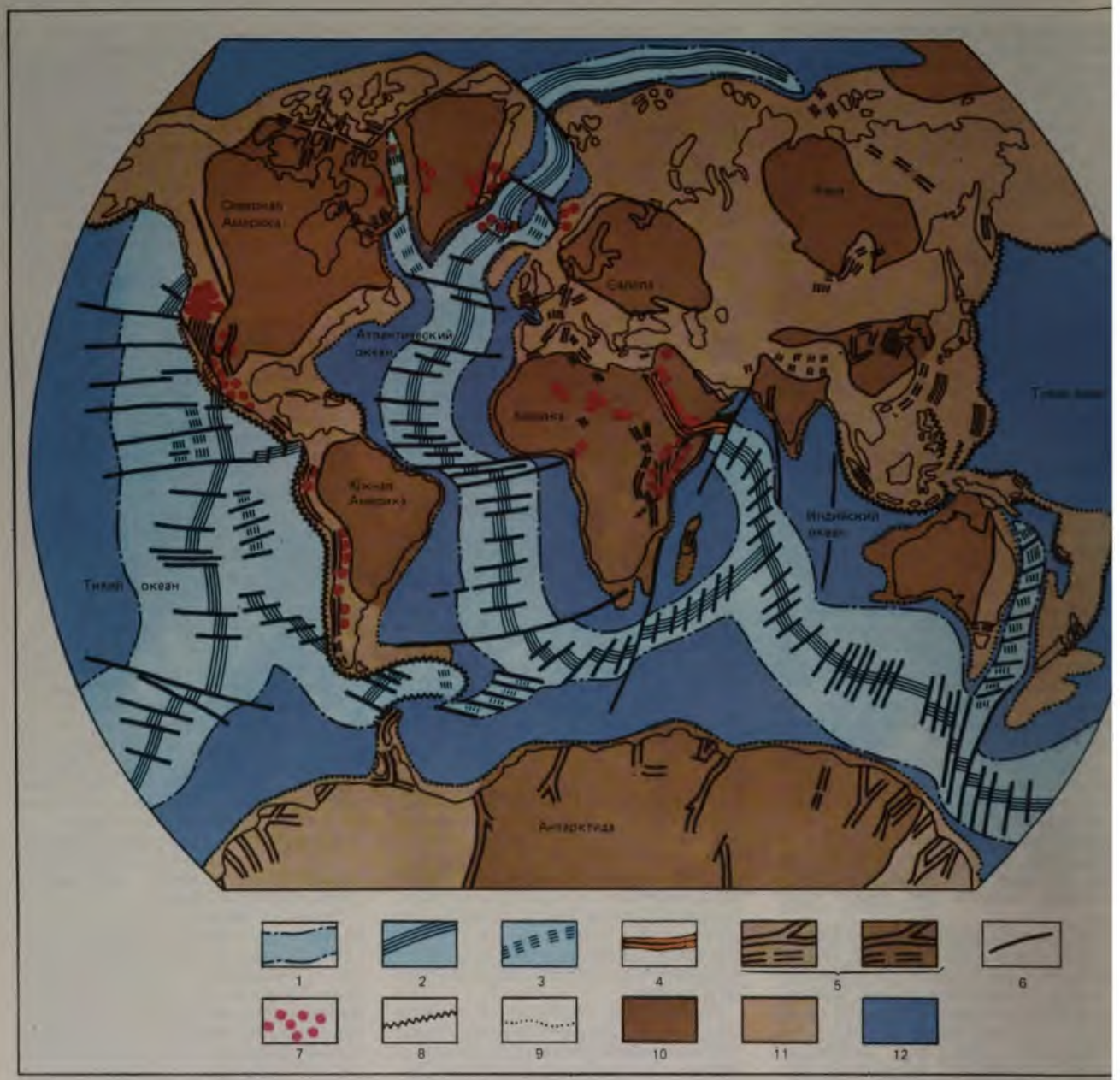
Мировая система кайнозойских рифтов (Е. Е. Милановский): 1 — внутриокеанические рифтовые хребты и их условные границы; 2 — активные осевые зоны внутриокеанических рифтовых хребтов; 3 — отмершие осевые зоны внутриокеанических рифтовых хребтов; 4 — современные межконтинетальные рифты; 5 — современные и возникшие прежде в кайнозое внутриконтинентальные рифты; 6 — крупные разломы, связанные с рифтами; 7 — проявления вулканизма на суше, связанные с развитием рифтов; 8 — глубоководные желоба; 9 — границы океанических впадин; 10 — древни формы; 11 — подвижные по личного возраста; 12 — ложн нов вне внутриокеанических вых хребтов. Кайнозой охват последние 65 млн. лет

Исследования планет с помощью космических аппаратов показали, что рифтоподобные структуры растяжения широко распространены на Венере, Марсе, некоторых спутниках Юпитера и других телах Солнечной системы. Таким образом, выясняется, что рифтогенез представляет собой не специфически земное явление и свойствен ряду планет и их спутников на определенных стадиях развития.

Изучение рифтогенеза и его соотношения с другими важнейшими тектоническими процессами, продолжающееся как в Советском Союзе, так и за рубежом, несомненно, поможет выявить основные закономерности строения и эволюции нашей и других планет, а также укрепить и развить м сырьевую и энергетичес поскольку с рифтовыми зона огромные запасы многих ских и неметаллических пол паемых, ресурсы глубинн недр.



строение рифтов разных Е. Милановский): 1 — отло- никшие после рифтообра- — отложения, возникшие е рифтообразования; 3 — ские породы, появившиеся е рифтообразования; 4 — ские породы, появившиеся твенно перед рифтообразованием; 5 — континентальная кора (верхняя хрупкая и нижняя более пластичная части); 6 — океаническая кора (верхняя хрупкая и нижняя более пластичная части); 7 — надастеносферная часть верхней мантии; 8 — астеносфера и ее выступы; 9 — глубокие разломы; 10 — направления растяжения в коре; 11 — направления перемещения вещества в астеносфере. Рифтовые системы в зонах сочленения континентов и океанов образовались в мезозое (100—200 млн. лет назад) и погребены под кайнозойским чехлом



Мировая система кайнозойских рифтов (Е. Е. Милановский): 1 — внутриокеанические рифтовые хребты и их условные границы; 2 — активные осевые зоны внутриокеанических рифтовых хребтов; 3 — отмершие осевые зоны внутриокеанических рифтовых хребтов; 4 — современные межконтинетальные рифты; 5 — современные и возникшие прежде в кайнозое внутриконтинентальные рифты; 6 — крупные разломы, связанные с рифтами; 7 — проявления вулканизма на суше, связанные с развитием рифтов; 8 — глубоководные желоба; 9 — границы океанических впадин; 10 — древние платформы; 11 — подвижные пояса различного возраста; 12 — ложе океанов вне внутриокеанических рифтовых хребтов. Кайнозой охватывает последние 65 млн. лет

Исследования планет с помощью космических аппаратов показали, что рифтоподобные структуры растяжения широко распространены на Венере, Марсе, некоторых спутниках Юпитера и других телах Солнечной системы. Таким образом, выясняется, что рифтогенез представляет собой не специфически земное явление и свойствен ряду планет и их спутников на определенных стадиях развития.

Изучение рифтогенеза и его соотношения с другими важнейшими тектоническими процессами, продолжающееся как в Советском Союзе, так и за рубежом, несомненно, поможет выявить основные закономерности строения и эволюции нашей и других планет, а также укрепить и развить минерально-сырьевую и энергетическую базу, поскольку с рифтовыми зонами связаны огромные запасы многих металлических и неметаллических полезных ископаемых, ресурсы глубинного тепла недр.

Базальты трапповой формации вендского возраста на Волыни

На берегу Аральского моря (Казахстан)

нтами, деформируются они настоль медленно, что уловить изменен можно только в результате кропот вых исследований.

У платформ двухъярусное строен основание или фундамент образу прочные кристаллические породы, а них лежит чехол из осадочных и вул ногенных пород.

Самые обширные равнины прич чены именно к платформенным уч кам. Природа Советского Союза св неповторимостью во многом обяз структурам такого рода.

В нашей стране существует дав традиция изучать строение (тектон и региональную геологию платформ посвящали свои работы такие изв ные геологи, как академики А. П. К пинский, А. П. Павлов, А. Д. Архан ский, Н. С. Шатский.

В 1985 г. Президиум АН СССР пр дил премию имени Н. С. Шатского демику АН БССР Р. Г. Гарецкому серию работ по тектонике платфор ных областей Евразии.

Еще будучи молодым исследов лем, В. Г. Гарецкий первым наиб полно описал своеобразные геологи кие тела — кластические дайки. Он рабатывал методы изучения тект ческих структур, проблемы регион ной геологии, стратиграфии, литол палеогеографии, геологии нефтян газовых месторождений. Однако ц ральное место в творчестве уче принадлежит учению о строении и люции молодых и древних платф Первые из них перешли на платфор ный режим около 200—500 млн. назад, вторые раньше — 1—1,2 м лет назад.

В монографии Р. Г. Гарецкого «Т тоника молодых платформ Евра (1972 г.), по сути, впервые было д наиболее полное описание особе стей строения и развития моло платформ как особой категории ос ных тектонических элементов зе коры. Автор определил типы стру молодых платформ, обосновал выд ние Центрально-Евразиатской п формы в качестве тектонотипа м дых плит.

Из древних платформ наиболь внимание Р. Г. Гарецкого привл Восточно-Европейская. Высокая лого-геофизическая изученность крупнейшей структуры и ее сравнен

Выходы палеозойских пород у водопада (Эстония). Палеозой — первая после докембрия эра

Андомская гора на берегу Онежского озера — классический пример гляциодислокации (нарушения залегания пород под давлением ледника

Базальты трапповой формации вендского возраста на Волыни

На берегу Аральского моря (Казахстан)

нтами, деформируются они настолько медленно, что уловить изменения можно только в результате кропотливых исследований.

У платформ двухъярусное строение: основание или фундамент образуют прочные кристаллические породы, а на них лежит чехол из осадочных и вулканогенных пород.

Самые обширные равнины приурочены именно к платформенным участкам. Природа Советского Союза своей неповторимостью во многом обязана структурам такого рода.

В нашей стране существует давняя традиция изучать строение (тектонику) и региональную геологию платформ. Им посвящали свои работы такие известные геологи, как академики А. П. Карпинский, А. П. Павлов, А. Д. Архангельский, Н. С. Шатский.

В 1985 г. Президиум АН СССР присудил премию имени Н. С. Шатского академику АН БССР Р. Г. Гарецкому за серию работ по тектонике платформенных областей Евразии.

Еще будучи молодым исследователем, В. Г. Гарецкий первым наиболее полно описал своеобразные геологические тела — кластические дайки. Он разрабатывал методы изучения тектонических структур, проблемы региональной геологии, стратиграфии, литологии, палеогеографии, геологии нефтяных газовых месторождений. Однако ц... ральное место в творчестве уч... принадлежит учению о строении и ... люции молодых и древних платф... Первые из них перешли на платфор... ный режим около 200—500 млн. назад, вторые раньше — 1—1,2 м... лет назад.

В монографии Р. Г. Гарецкого ... тоника молодых платформ Евра... (1972 г.), по сути, впервые было ... наиболее полное описание особе... стей строения и развития моло... платформ как особой категории ос... ных тектонических элементов зе... коры. Автор определил типы стру... молодых платформ, обосновал выд... ние Центрально-Евразиатской п... формы в качестве тектонотипа мо... дых плит.

Из древних платформ наиболь... внимание Р. Г. Гарецкого привле... Восточно-Европейская. Высокая ... лого-геофизическая изученность ... крупнейшей структуры и ее сравнен...

Выходы палеозойских пород у водопада (Эстония). Палеозой — первая после докембрия эра

Андомская гора на берегу Онежского озера — классический пример гляциодислокации (нарушения залегания пород под давлением ледника)

методика тектонического кар-
ия платформенных областей,
предполагает районирование
ий по времени основного этапа
ования платформенных струк-
здесь данная методика полу-
спространение как в нашей
так и за рубежом.
нутая карта сопровождалась
нографиями «Тектоника Бело-
(1976) и «Палеотектоника
сии» (1983), в которых впервые
о охарактеризованы структура
развития фундамента и чехла
й части Восточно-Европейской
мы.
дования Р. Г. Гарецким моло-
ейших платформ играли важную
при прогнозировании месторо-
полезных ископаемых в таких
х, как Туранская и Прикаспийс-
менности, западная часть Вос-
ропейской платформы (нефть
ляные и каменная соли, оолиз-
олезные руды, подземные воды

лет Р. Г. Гарецкий активно
ит в совместных работах геоло-
Р и ГДР. Кроме того, последнее
этие он руководит советской
тектонических исследований по
№ 86 Международной про-
геологической корреляции
падный край Восточно-Евро-
платформы». Результатом
чества стало создание текто-
й карты огромного региона,
ающего разновозрастные плат-
ые области Центральной
и запада СССР.

ументы по космическому
ведению:
ка результатов

истические страны — участницы
мы «Интеркосмос» системати-
ядут совместные исследования
ых ресурсов с пилотируемых
ьных станций и автоматических
ов серии «Космос». Дистанцион-
дирование земной поверхности
вляется техническими устрой-
работающими в видимом, инф-
ом и радиодиапазонах электро-
ого спектра. С помощью моно- и
нальной фотоаппаратуры полу-
к плановые, так и перспектив-
юмасштабные изображения.
ром подобных исследований
служить совместные экспери-
Курск-85» и «Черное море-85»*.
из них выполнялся в рамках
ародного целевого проекта
ие динамики геосистем дистан-
ми методами» на территории
области. Основными объек-
емки и наблюдений были сель-
йственные угодья, раскинувши-
берегам реки Псёл вокруг города
Эксперимент имел цель разра-

ботать методику, которая позволяла бы определять по космическим материалам состояние растительности в разных фазах вегетации, а также изучить геолого-географические особенности территории полигона: ландшафт, рельеф, гидрологическую сеть и т. п. (полученные при этом результаты можно, скажем, использовать для обновления топографических карт).

Эксперимент «Черное море-85» проводился по международному проекту «Изучение Мирового океана с учетом влияния атмосферы». На нескольких морских полигонах вблизи берега и вдали от него измерялись гидрофизические и биологические параметры морской воды, а также оценивался уровень ее антропогенного загрязнения.

Первичную обработку поступающего с орбиты фотоматериала, включая пространственную и временную «привязку» изображений, оценку их качества, их ввод в автоматизированную информационно-поисковую систему, функционирующую на базе ЭВМ, составление каталогов и картограмм съемки, осуществляют специалисты Госцентра «Природа».

Как известно, в космических снимках содержится многоцелевая информация, и в зависимости от конкретных задач их подвергают различным видам обработки. Конечно же, точность и достоинства вторичной продукции всегда обусловливаются качеством и техническими показателями исходных негативов.

По космическим изображениям полигонов изготавливаются фотосхемы и фотопланы. Продукция первого типа нужна для тематического, например сельскохозяйственного, дешифрирования, когда точность измерений неважна. Другое дело — фотоплан: здесь необходима строгая ориентация относительно координатной сетки. Чтобы устранить искажения, вызванные отклонением оси объективов от местной вертикали, проводится фотографическое трансформирование космических снимков.

СТО ЛЕТ НАЗАД

РОССИЯ. Профессор Менделеев, призванный в комиссию по нефтяному вопросу, заседающую при департаменте неокладных сборов, высказался за необходимость немедленно провести нефтепровод от Баку к берегам Черного моря.

«Техник»

ФРАНЦИЯ. Недавно двум французским инженерам удалось, наконец, изобрести остроумный прибор — автоматический топограф, названный изобретателями автографометром. Прибор этот состоит из низкой тележки, двигающейся на трех колесах. Для снятия местности надо только везти эту тележку: прибор при этом будет сам отмечать и рельеф местности и пройденное расстояние в каком угодно заранее определенном масштабе. Возить тележку можно поручить простому солдату; топографу же остается только обрабатывать материал, получаемый автоматическим путем. Испытания прибора дали блестящие результаты.

«Новь»

АНГЛИЯ. Первое железное судно. В наш век железо является весьма серьезным конкурентом дереву. Между прочим, употребление железа получило огромное применение при постройке судов. Первый, кому пришла мысль построить судно из железа, был простой английский рабочий Вилькинсон. Это было во второй половине прошлого столетия. Любопытно, что первоначально этот англичанин составил себе некоторую известность изобретенным им утюгом для глажения белья.

«Нива»

РОССИЯ. Обществу содействия промышленности и торговли представлен на рассмотрение контрольный аппарат извозчичьих экипажей. Этот аппарат, помещенный в экипаже под сиденьем, в точности указывает, сколько времени данный экипаж провел в езде, сколько времени стоял на месте и сколько раз останавливался.

«Техник»

АНГЛИЯ. Электричество в земледелии. Английские журналы сообщают о следующем интересном опыте, показывающем влияние электрического тока на развитие корнеплодных растений: картофель и тыква были посажены между врытыми в землю цинковыми и медными листами, отстоящими друг от друга метров на 30 и соединенными снаружи проволокой. Тыквы превосходили размером на 15% и картофель на 25% посаженные в том же огороде, но в обыкновенных условиях.

«Электричество»

их см. также с. 313—317 в этом
. — *Ред.*

Предполетная подготовка фотоаппаратуры, применяемой на орбитальной станции «Салют-7» для съемки земной поверхности

Ввод космических изображений Курской области в ЭВМ

Так рисуется рельеф на фотопланах с помощью стереопроектора СПР-3М

ие координат точек на кос- фотоснимках (прибор тр»)

пографических фотопланах отображается горизонталями, наносятся с помощью стереоли стереопроекторов.

нализа фотографий широко ется оптико-электронная тех- втоматизированные системы. В е «Природа» доведен до прак- применения комплекс про- я аналитической фототриангу- космическим снимкам с учетом движения спутников. Исходные при преобразовании фотоин- и — координаты опорных точек на местности, измеренные координаты точек на орбитальных снимках, результаты баллистической «привязки» снимков, параметры съемочной аппаратуры. Измерения на космических снимках осуществляются с помощью стереокомпараторов «Стекометр» и других.

Создан также автономный комплекс программ, позволяющий приводить результаты измерений к системе координат космического снимка, обнаруживать грубые ошибки, повторно обрабатывать измерения, записывать преобразованную информацию в память ЭВМ.

В Госцентре «Природа» освоено производство тематических фотокарт, совмещающих традиционную картографическую информацию с фотоизображением земной поверхности. Они удобны для тематического картографирования в смежных областях. Одна и та же фотокарта может с успехом использоваться в интересах сельского хозяйства, в гидрологических или ландшафтных исследованиях, при анализе динамики природной среды.

Высокоэффективно при изучении природных ресурсов многозональное фотографирование, когда одновременно получают серию геометрически подобных изображений земной поверхности в нескольких узких зонах электромагнитного спектра. Здесь появляется возможность выбирать оптимальную зону для дешифрирования конкретных природных объектов, поскольку каждый их тип имеет свои характеристики яркости.

Предполетная подготовка фотоаппаратуры, применяемой на орбитальной станции «Салют-7» для съемки земной поверхности

Ввод космических изображений Курской области в ЭВМ

Так рисуется рельеф на фотопланах с помощью стереопроектора СПР-3М

а самолета АН-30 фотоаппара-СК-4 выполняется аэрофото- научно-исследовательского на

Опытное поле в Курской области, подготавливаемое к севу яровой пшеницы («Курск-85»)

Картофель, пораженный колорадс
жуком, на полигоне в Курской об-
ласти

Угнетенные вредителями хлебные
культуры на экспериментальном п
(«Курск-85»)

Прибрежный участок морской ак
рии, на котором изучалась биоло-
гическая продуктивность в рамка
эксперимента «Черное море-85»

В районе, где с борта орбитальной
станции «Салют-7» замечен ано-
мальный цвет морской воды, на ее
поверхность из вертолета сбрасы
ваются контейнеры с научной апп
ратурой («Черное море-85»)

гидрофизических параметров с плавучих средств, в частности кате-
ые пятнышки на поверхности воды), на полигоне в Черном море во
ки этого тестового участка с борта спутника серии «Космос»

Картофель, пораженный колорадским жуком, на полигоне в Курской области

Угнетенные вредителями хлебные культуры на экспериментальном поле («Курск-85»)

Прибрежный участок морской акватории, на котором изучалась биологическая продуктивность в рамках эксперимента «Черное море-85»

В районе, где с борта орбитальной станции «Салют-7» замечен аномальный цвет морской воды, на ее поверхность из вертолета сбрасываются контейнеры с научной аппаратурой («Черное море-85»)

Измерение гидрофизических параметров с плавучих средств, в частности катеров (светлые пятнышки на поверхности воды), на полигоне в Черном море во время съемки этого тестового участка с борта спутника серии «Космос»

сии по изучению Октябрьской революции в России, еще раз показавшее, какой огромный и серьезный интерес среди историков многих стран вызывает это крупнейшее событие мировой истории. Состоялись также заседания комиссий и комитетов по истории второй мировой войны, сравнительной военной истории, морской истории, славянским исследованиям, истории Византии, экономической истории, истории социальных движений, истории городов, по современной истории Европы и т. д.

Главным итогом всемирного форума историков явилась широкая демонстрация новейших достижений и конкретных исследовательских результатов, достигнутых различными национальными историческими школами, теоретико-методологическими направлениями в изучении ряда ключевых проблем всемирной истории. Сопоставление и борьба различных идейных воззрений и научных методов становятся необходимым фактором развития мировой историографии. В этом мирном и полезном для науки соперничестве марксистско-ленинский взгляд на историю еще раз показал свое неоспоримое превосходство над всеми другими интерпретациями и методами в области современного обществознания. В то же время конгресс выявил и новые задачи, которые стоят перед советскими историками в деле дальнейшего повышения профессионального уровня исследовательских работ и углубленного познания опыта прошлого.

Новое о берестяных грамотах древнего Новгорода

Хорошо известно, что новгородские берестяные грамоты освещают ранний период истории Руси, не нашедший или лишь частично нашедший отражение в более поздних летописных памятниках, характеризуют те стороны жизни народа (хозяйство, быт, личные взаимоотношения людей), которые не стали объектом непосредственного внимания автора летописных сочинений, и, наконец, рисуют картину одного из самых интересных периодов истории — эпохи существования Новгородской феодальной республики. Все эти особенности источника делают его историческим документом непреходящей ценности.

Первая берестяная грамота была найдена в 1951 г. С тех пор обнаружено около 700 грамот, а 539 из них опубликованы в семи томах серии «Новгородские грамоты на бересте» (из раскопок 1951—1976 гг.).

В 1985 г. издательством «Наука» выпущен восьмой том, авторы которого член-корреспондент АН СССР В. Л. Янин и доктор филологических наук А. А. Зализняк. В нем публикуются грамоты из раскопок 1977—1983 гг. Важная особенность этого тома — лингвистический разбор всего массива берестяных документов, выявленных к настоящему времени.

Во введении, посвященном характеристике найденных берестяных грамот, подчеркивается «исключительная надежность этого нового источника, практически беспредельная перспективность расширения коллекции берестяных текстов и многообразие их информационных возможностей». Отличительная черта современного этапа поисков и изучения берестяных грамот — расширение их географического ареала: наряду с раскопками в Новгороде, давшими 75 новых грамот, существенно возросло число русских средневековых городов, в слоях которых найдены берестяные тексты. 14 найдено в Старой Руссе, 10 — в Смоленске, 4 — в Пскове, 1 — в Витебске. В 1980 г. берестяная грамота найдена в древнем смоленском городе Мстиславе (Могилевская обл. БССР), а в 1983 г. — в древней Твери (ныне г. Калинин).

Достаточно широк и хронологический диапазон найденных берестяных грамот — они датируются XI—XV вв., причем большая часть находок приходится на XIVв. Выявленный к настоящему времени комплекс документов достаточно представителен для того, чтобы сделать определенные выводы о тенденциях развития берестяного письма. «Чертами закономерности, — отмечает В. Л. Янин, — отличаются преобладающие в разные эпохи сюжетные характеристики берестяных документов. Возобновляющиеся из года в год находки берестяных грамот демонстрируют преимущественный интерес к земельным вопросам в XIII—XVвв., тогда как основным предметом внимания берестяных текстов XI — начала XIII вв. оказываются деньги — главным образом в связи с ростовщическими операциями, т. е. с эксплуатацией денежного обращения. Эта тенденция, по-видимому, отражает и качественные этапы в формировании и укреплении вотчинной системы»*. Группировка находок по раскопам свидетельствует: насыщенность культурного слоя берестяными грамотами уменьшается по мере удаления от древнейших боярских гнезд, тех центров, где концентрировалась основная масса землевладельцев, а это, в свою очередь, подтверждает вывод о связи берестяного письма с нуждами управления вотчинным хозяйством.

Широкое распространение грамотности во всех слоях новгородского общества демонстрируется самими текстами многих грамот, а также тем фактом, что участниками переписки были не только феодалы, но и зависимые от них люди. Обращают на себя внимание некоторые особенности развития берестяного письма в разные исторические эпохи. Если ранний рубеж определяется отдельными находками берестяных грамот X в., то поздний рубеж (XV в.) соответствует началу широког пользования бумаги вместо перга и бересты.

Публикация содержит воспрои ние прорисей новых новгородск мот на бересте № 540—614, найд как уже сказано, в результате ра 1977—1983 гг., а также старор грамоты № 14. Каждая грамота чает свой порядковый номер и вится объектом тщательного изу Сообщается место находки кажд моты (раскоп, квадрат и глубина ждения), дается характеристика шних особенностей документа (с ность, полнота, внешние приз предлагается расшифровка источника. Стратиграфическая ровка позволяет более точно у вить время написания каждой гр а анализ палеографических п ков — в той или иной степени кор ровать эту датировку исходя из о ностей писчего материала и хар письма.

В результате такого исследо текст грамоты делится на сл истолковывается их зна Поскольку текст многих грамот до нас не полностью, а лишь в от ных выдержках, часто представл собой фрагмент записи, в коммент дается интерпретация их зна делается попытка реконструкц дошедших до нас частей текста проведения этой работы привле дополнительно весь имеющийся поряжении исследователей источников (археологический мат данные эпиграфики, послед летописные памятники, церковны ги, актовая документация и др. пользование свидетельств этих ников для объяснения тех или фактов или языковых особен публикуемых берестяных грамот будет применения всего комплекса могательных исторических дисци их методик (палеографии, сфраги генеалогии, нумизматики, диплом хронологии, дендрохронологии и По существу, это комплексное ис коведческое исследование, приз использовать все богатство м современной науки для опреде содержания и точного значения т берестяных грамот, установлени помощью реальных исторических тов. Филологическое изучение пи ных текстов берестяных грамот лило установить многие реальные тия исторического прошлого, наш отражение в этих документах.

С лингвистической точки зрени сматриваются важнейшие графи и языковые особенности новгор берестяных грамот, причем ос внимание уделено тем чертам, ко составляют специфику этих до тов, отличая их от памятников районов и от книжной письмен Диалект, отразившийся в берес грамотах из Новгорода и Старой определяется как «древненов ский»: в широком смысле этот т

---

* Подробнее об этом см.: Янин В. Л. Новгородская феодальная вотчина. Историко-генеалогическое исследование. М., Наука, 1981.

ят все говоры древней Новго-
земли (включая псковские).
кация берестяных грамот про-
о следующим, наиболее суще-
для лингвистического ана-
ниакам: языковая принадлеж-
ировка, длина грамоты, жанр
— росписи денежных или нату-
поставок и долгов, ярлыки с
владельца, частные письма,
ые, официальные документы
ния, рядные и расписки, офи-
отчеты, протоколы, распоря-
садника члену суда и т. д.),
или отсутствие диалектных
признаков.
обобщенное подразделение
их грамот выражается в их
ке на «бытовые» и «небыто-
нгвистический анализ всего
в выявленных грамот позво-
овить их особое значение пре-
для изучения народной речи,
енность специфически ново-
языковыми особенностями.
ые грамоты (прежде всего
») представляют собой «ис-
вого типа» и занимают совер-
кальное место в кругу памят-
ского языка: с точки зрения
к живой диалектной речи они
такой класс источников, кото-
XI—XIV вв. до открытия бере-
амот практически отсутство-
ратиграфическая датировка
вание для пересмотра узло-
лем истории русского языка.
тметить применение методов
ьной лингвистики в анализе
особенностей берестяных
бращение в них к прибал-
нскому языковому материа-

ие в научный оборот всего
в найденных ныне берестяных
зволило авторам по-новому
к их прочтению и истолкова-
равки и замечания к чтению
их грамот дали возможность
ню уточнить многие неясные
та и понятия, в ряде случаев
ять трактовку их предшеству-
следователями. Проделанная
источниковедческому, фило-
му и лингвистическому ана-
очников позволила впервые
словоуказатель ко всем име-
а сегодняшний день берестя-
там.

родный форум
ой археологии

ародный конгресс славянской
и состоялся в Киеве в сентя-
г. Такие форумы проводятся
ородной унией славянской
и один раз в пять лет.
международная научная орга-
призванная координировать
ния в области археологии
а. проводить симпозиумы по
чальным темам, осущест-
ародные публикации и
организовывать международные раскопки наиболее значимых памятников. Созданная в 1965 г. Международная уния славянской археологии ныне объединяет ученых 19 европейских стран, прежде всего археологов, но также антропологов, медиевистов, лингвистов, топонимистов, искусствоведов, нумизматов, палеографов, всех исследователей, разрабатывающих самые различные вопросы истории, культуры и этногенеза славян начиная с глубокой древности до XIV столетия включительно.

Из зарубежных наиболее представительными на V конгрессе были делегации Болгарии, Польши, ГДР и Чехословакии. В состав делегации СССР, возглавляемой президентом конгресса академиком Б. А. Рыбаковым, входили представители академических институтов, вузов и крупных музеев многих городов нашей страны.

На конгрессе работали 6 секций: «Древние славяне и их соседи», «Происхождение и эволюция раннесредневекового города», «Жизнь и быт раннесредневекового города», «Средневековый город и его округа», «Города, их культурные и торговые связи», «Архитектура, искусство и духовная культура». Главная тема конгресса — «Славянский средневековый город». За последние десятилетия археологическими раскопками во многих городах славянского мира был собран огромный новый материал по истории культуры и городской жизни славянства.

Интереснейшая в научном отношении тема «Духовная жизнь и культура славян» из-за отсутствия исторических источников долгое время оставалась слабоизученной. В настоящее время археологи имеют возможность проникнуть в тайны миропонимания и идеологии языческих славян. На V конгрессе славянской археологии эта тема впервые получила широкое обсуждение.

В центре внимания участников конгресса был доклад академика Б. А. Рыбакова «Городское язычество Древней Руси». На многих примерах из прикладного искусства, архитектуры и орнаментики было показано, что вся духовная жизнь Древней Руси в IX—XII вв., в том числе мифология, миропонимание, искусство и эпос, была пронизана язычеством. Славянское язычество было развитым и стройным мировоззрением, сопоставимым с греческой мифологией и уходящим корнями к индоевропейскому мифотворчеству. Б. А. Рыбаков показал, что на Руси имелось жреческое сословие, выполнявшее общеплеменные ритуальные действа. Только на рубеже XII и XIII вв. установилось «двоеверие» — компромиссное сочетание язычества с христианством. Русское христианство вошло в жизнь при сохранении или частичном видоизменении славянского язычества, мифов и эпоса, языческая обрядность подключалась к церковным празднествам.

Академик В. Гензель (*Hensel* — Польша) в докладе «Духовная культура городского населения в раннесредневековой Польше» исследовал мировоззрение и идеологию западного славянства. Здесь также язычество на первых порах городской жизни было определяющим во всех сторонах духовной жизни и культуры. На материалах археологии было продемонстрировано, что славянское язычество было сложной идеологической системой, сопоставимой с верованиями культов, римлян и германцев.

В изучении раннесредневекового города важнейшая проблема — проблема его возникновения и генезиса на раннем этапе. В разных регионах славянского мира, занимавшего в начале средневековья обширные пространства Европы от Эльбы на западе до бассейнов Дона и Волги на востоке и от Балтики и Приладожья на севере до Пелопоннеса на юге, этот процесс имел некоторые специфические особенности. Выделяются три основных региона. Самый обширный охватывал восточнославянские земли и основные части Польши и Чехословакии. Области южнославянского расселения образовывали второй регион, а славянские земли, примыкающие к Балтийскому морю, — третий. Анализу градообразования в них был посвящен ряд докладов, в том числе: «Начало городов на Руси» (доктор исторических наук В. В. Седов — СССР), «Возникновение и развитие болгарского средневекового города» (академик Д. Ангелов, Д. Овчаров и А. Попов — Болгария) и «Роль торговых факторий VIII—X вв. в развитии городов» (академик Й. Геррманн (Herrmann) — ГДР).

В первом регионе градообразование было исключительно результатом социально-экономического развития славянского общества. На раннем этапе (на Руси он датируется VII—VIII вв.) возникают укрепленные ремесленно-торговые поселения — протогорода. В IX в. на основе тех из них, которые совмещали в себе и политические и культовые функции, вырастают первые города. Далее процесс градообразования на Руси протекал активно и бурно и обусловлен был прежде всего экономическими причинами, а в ряде случаев княжеской деятельностью.

На Балканах начальный процесс урбанизации протекал в условиях некоторого освоения античного наследия. В землях, прилегающих к Балтийскому морю, значительную роль в эволюции социально-экономической жизни и зарождении городов играли пестрые в этническом отношении торговые фактории. Ведущая роль в них принадлежала купцам, владевшим крупными торговыми дворами, с которыми была связана и вся хозяйственная деятельность.

Несомненный интерес представляли выступления, посвященные началу градообразования в соседних со славянами регионах. Ш. Олтяну (*Olteanu* — Румыния) рассказал о становлении средневековых городов на территории Румынии, И. Холл (*Holl* — Венгрия) исследовал эволюцию Шопрона от римского вре-

мени до средневековья, Ю. Я. Селиранд и Э. Ю. Тыниссон (СССР) анализировали предпосылки и условия возникновения городов в Эстонии и Латвии.

На конгрессе рассматривались вопросы археологии и культуры отдельных славянских городов. Среди них прежде всего нужно назвать доклад члена-корреспондента АН СССР В. Л. Янина о Новгороде, в котором на основе многолетних раскопок исследовалась социальная структура города в X—XI вв. Было показано, что экономической основой Новгорода уже в то время было крупное феодальное землевладение.

Ситуацию зарождения и развития средневековых городов немыслимо понять без изучения сельской округи. Выступавшие говорили об изучении памятников VI—VII вв. на территории Украины, в результате чего получены интересные данные для выяснения общественных отношений славянства в ту пору, об археологическом изучении сельских поселений Нижнего Подунавья, о системе и структуре расселения славян в Македонии; рассматривались отдельные сельские регионы на территории Древней Руси, Польши и Чехословакии.

Славянский мир жил и развивался в условиях постоянных культурных, торговых и политических контактов с другими этносами Европы и Азии. Среди многих докладов, посвященных этой тематике, большой интерес представляли два выступления шведских археологов о находках изделий древнерусского ремесленного производства при раскопках памятников X—XII вв. в Скандинавии. Много интересного говорилось о культурных и торговых контактах славян в регионе Балтики, торговых связях Древней Руси с Подунавьем и западнославянскими землями, о славяно-венгерских контактах. Докладчики освещали и историю архитектуры, домостроительства, искусства, живописи, письменности и геральдики, а также проблемы происхождения славян, их этногенеза, взаимоотношений с другими индоевропейскими группами.

Следующий конгресс решено провести в Югославии в 1990 г.

Россия и освободительная борьба народов Боснии и Герцеговины

В последние годы издано несколько совместных трудов советских и югославских историков, посвященных отношениям России и югославских народов в XVIII—XIX вв. Среди них сборник документов «Освободительная борьба народов Боснии и Герцеговины и Россия. 1850—1864» (М., Наука, 1985). С советской стороны в подготовке сборника участвовали ученые Института славяноведения и балканистики АН СССР и Историко-дипломатического управления МИД СССР, с югославской — Академии наук и искусств Боснии и Герцеговины. Ответственные редакторы — член-корреспондент АН СССР Ю. А. Писарев и академик Сербской Академии наук и искусств М. Экмечич (*Ekmečić*).

Издание включает 244 документа из архивов СССР, Боснии и Герцеговины, Австрии. Основу его составляют материалы Архива внешней политики России ИДУ МИД СССР. Все документы публикуются на языках оригинала и впервые.

Материалы сборника раскрывают социально-экономические процессы, происходившие в середине прошлого столетия в Боснии и Герцеговине — провинции Османской империи, показывают развитие национально-освободительной борьбы народов против османского гнета, помощь России христианскому населению.

Большинство документов составляют донесения российских консулов, аккредитованных в главных городах Боснии и Герцеговины — Сараеве и Мостаре и на побережье Адриатики — в Дубровнике, а также отдельные донесения австрийских консулов в МИД Австрии. Они представляют собой своеобразную летопись всех важнейших событий того периода в этом регионе.

В книге убедительно показано тяжелейшее положение феодально-зависимого населения, исповедующего христианскую религию. В донесениях тщательно излагались многочисленные факты произвола, беззакония и насилий, творимых в отношении крестьян феодалами-землевладельцами, турецкой администрацией, судами. Авторы подчеркивают, что в развитии аграрных отношений большую роль играл фактор внеэкономического принуждения — национальное и социальное бесправие славянского населения использовалось для насильственного внедрения тех форм эксплуатации, которые были выгодны для местных феодалов-мусульман и администрации.

С развитием товарно-денежных отношений в Османской империи обострялся хищнический характер эксплуатации крестьянства, усиливался процесс экспроприации крестьянских земель, увеличивался размер феодальной ренты, повинности (а крестьяне платили по девяти видам различных налогов) взимались даже за несколько лет вперед. Налоги в пользу помещиков и государства поглощали весь прибавочный продукт труда крестьянина, в результате деревня нищала, и экономика Боснии и Герцеговины приобретала застойный характер.

Многочисленные прошения, петиции и жалобы направляли крестьяне к российским консулам, которые ходатайствовали перед турецкой администрацией в пользу крестьян и настаивали на выполнении их справедливых требований. В силу этого славянское население питало к российским консулам больше доверия, чем к представителям неславянских держав.

Усиление феодальной эксплуатации приводило к стихийным крестьянским выступлениям, которые со временем вылились в освободительную борьбу против социального и национального гнета. Материалы издания дают яркую картину этой борьбы, во главе которой в 50 — 60-х годах XIX в. стоял известный деятель национально-освободительного движения Лука Вука́лович (*Vukalović*). Под его руководством в этот период в Герцеговине трижды вспыхивало восстание, в нем принимали участие тысячи крестьян. В сборнике публикуется переписка Вукаловича и других повстанческих вождей с российскими консулами. Материалы освещают требования повстанцев, ход восстаний, дипломатические акции России, стремившейся с помощью европейских держав оказать давление на Порту* и заставить ее осуществить реформы в европейских провинциях, чтобы уравнять в правах христиан и мусульман. Однако эти попытки не увенчались успехом. Порта, опираясь на поддержку Англии и Австрии, смогла подавить восстания. Л. Вукалович эмигрировал в Россию.

Большой интерес представляют документы, отражающие отношение к событиям в Боснии и Герцеговине европейских держав. Наиболее рельефно очерчена позиция Австрии, которая вынашивала экспансионистские планы относительно этих земель и вела двурушническую политику, рассчитывая использовать в своих целях борьбу славянского населения. Раскрываются методы, с помощью которых распространялось австрийское влияние, в том числе проникновение австрийского капитала, который к 60-м годам XIX в. начал играть большую роль в экономике Боснии и Герцеговины. Свои планы имели правящие круги Сербии и Черногории. Выставляя лозунг национального объединения славянских земель, они стремились добиться присоединения к себе Боснии и Герцеговины.

Как свидетельствуют документы, Россия не имела территориальных притязаний на Балканах. Потерпев поражение в Крымской войне и находясь в дипломатической изоляции, она стремилась укрепить свои политические позиции среди славянских народов Балкан. Однако Россия не обладала большими возможностями для активного выступления в их защиту на международной арене. Тем важнее была незаметная систематическая деятельность ее дипломатических представителей на Балканах, которая укрепляла авторитет России среди угнетенного славянского населения и заставляла его видеть в ней свою единственную защитницу. Это наглядно показывают публикуемые в сборнике обращения населения отдельных округов Боснии и Герцеговины к Александру II и канцлеру А. М. Горчакову с просьбой о помощи в избавлении от османского гнета. С помощью России представители наро-

* Принятое в европейской литературе и документах в средние века и новое время название правительства Османской империи. — *Ред.*

ждавшейся боснийской и герцеговинской интеллигенции рассчитывали добиться национального освобождения. Некоторые из этих деятелей получили образование в России и, работая на родине учителями, знакомили народ с достижениями русской культуры.

В сборнике раскрыта большая роль России в развитии народного образования и культуры в Боснии и Герцеговине. По линии государственных и общественных организаций (славянских комитетов) оказывалась систематическая помощь школам и церквам. Благодаря ей в 50—60-х годах были учреждены православные мужские и женская школы в Сараеве, Мостаре, при некоторых монастырях. Церкви и школы снабжались книгами, учебниками, различной утварью. Интерес представляют материалы об обучении в России боснийской и герцеговинской молодежи. Стипендии для югославянских выходцев предоставлялись Министерством иностранных дел, славянскими комитетами, Синодом. Таким образом, Россия способствовала созданию кадров национальной интеллигенции, несущей просвещение в народные массы.

Документы показывают и положение церкви. При отсутствии местного самоуправления церковь нередко выступала перед властями как защитница интересов христианского населения. Но роль православной и католической церквей при этом была различной. Во главе православной церкви в Боснии и Герцеговине стояли греки-фанариоты, преследующие цели собственного обогащения и идущие на сделку с турецкой администрацией. Обращения населения к российским консулам зачастую полны жалоб на действия владык и просьб об их смещении. Русским дипломатическим представителям иногда удавалось добиться этого. В то же время католическая церковь при поддержке австрийских властей больше добивалась привилегий для католического населения и расширяла свое влияние, являясь одним из орудий укрепления политических позиций Австрии в Боснии и Герцеговине.

Таким образом, материалы издания, освещая все стороны жизни Боснии и Герцеговины в 50—60-х годах XIX в., наглядно подтверждают тот факт, что национально-освободительное и антифеодальное движение в них являлось закономерным результатом не внешнего влияния, а внутреннего развития. Уже в этот период наметились и начали развиваться те тенденции движения, которые привели в середине 70-х годов к мощному взрыву народного гнева, вызвавшему восточный кризис и русско-турецкую войну 1877—1878 гг. Документы показывают, что Россия была единственной европейской державой, оказывавшей поддержку освободительной борьбе народов Боснии и Герцеговины. Царизм, преследуя свои цели, был заинтересован в приобретении югославянскими народами независимости, что помогло бы России укрепить политические позиции в районе Черного моря. Объективно политика России способствовала чаяниям югославян и обусловила их симпатии к ней, установление тесных политических и культурных контактов.

История США: на пути к господству монополий

В 1985 г. издательство «Наука» выпустило второй том четырехтомного издания «Истории США»* под общей редакцией доктора исторических наук, профессора Г. Н. Севостьянова (ответственный редактор этого тома доктор исторических наук Г. П. Куропятник). Авторы — ученые Института всеобщей истории АН СССР и других научных учреждений.

Том охватывает период от завершения гражданской войны и Реконструкции Юга до окончания первой мировой войны (1877—1918). Исследуются переход от капитализма свободной конкуренции к монополистическому, а затем к государственно-монополистическому капитализму, экспансионистская внешняя политика правящих кругов США, рост рабочего, фермерского и общедемократического движений, приобретавших антимонополистическую направленность.

На рубеже XIX—XX столетий американский капитализм достиг своей высшей и последней стадии — империализма. Это охарактеризовалось прежде всего бурным ростом производительных сил, размахом железнодорожного строительства, развитием угольной, нефтяной, автомобилестроительной промышленности, концентрацией производства и капитала, образованием монополий.

Изменения происходили и в области внутренней политики. Формирование монополистического капитализма затронуло партийно-политическую систему, государственное законодательство. В книге раскрывается социально-классовая природа такого сложного явления, как буржуазный реформизм начала XX в. в США. Система попеременного правления двух буржуазных партий, преемственность в их политике, социальная демагогия, тактика частичных уступок и классово ограниченных реформ и в то же время невиданное обогащение кучки монополистов, коррупция и прямое насилие — таков облик империализма, уже тогда реакционного в своей основе, но имевшего немалые потенциальные возможности для роста и развития.

Авторы показывают и другую Америку — страну тружеников-фермеров, фабрично-заводских рабочих, негров, бедняков-иммигрантов. Миллионы рядовых американцев, мелкая буржуазия, буржуазная интеллигенция все острее ощущали гнет монополий. Последние десятилетия XIX в. ознаменовались мощными всплесками классовой и политической борьбы. Она протекала в разнообразных идейных и организационных формах: фермерские и рабочие союзы, Народная партия, Американская федерация труда (АФТ), Социалистическая партия, Антиимпериалистическая лига и др.

В томе раскрыты сила и слабость антимонополистических выступлений, их историческое значение, причины поражения, проанализированы особенности формирования рабочего класса, степень осознания им своих классовых целей и интересов, показаны влияние на рабочие и демократические слои буржуазной идеологии, оппортунизм лидеров АФТ и правых социалистов. Но в летопись революционной традиции американского народа яркими страницами вошли Гомстедская и Пульмановская стачки, антимонополистические выступления фермеров, борьба за свободу слова и расширение политических прав, участие в ней негритянского и цветного населения. Раскрыта роль видных деятелей прогрессивного направления, представителей американского рабочего класса У. Хейвуда (Haywood), Ю. Дебса *(Debs)*, Д. Де Леона *(De Leon)*, негритянских лидеров Б. Вашингтона *(Washington)*, У. Дюбуа *(Du Bois)*.

С ростом экономической мощи США ширились планы сначала экономической, а затем военной экспансии. Американские правящие круги придавали значение и идеологическому обоснованию своих экспансионистских планов, выдвигая доктрины «предопределения судьбы», «морского могущества», «открытых дверей» (в Китае). Расширительное толкование докторины Монро фактически отдавало Западное полушарие под власть американских монополий. Захват Гавайских островов, испано-американская война 1898 г., агрессия на Филиппинах, захват зоны Панамского канала, вмешательство в дела латиноамериканских государств, подчинение Кубы, Гаити, Доминиканской республики, попытки интервенции в Мексике — это только начало. США претендовали на роль великой мировой державы, арбитра и вершителя судеб всех народов.

Политике и дипломатии США в годы первой мировой войны посвящен специальный раздел тома. В нем рассматривается участие американских войск в боевых операциях на стороне Антанты, экспансия в Западном полушарии, на Тихом океане. Авторы раскрывают сущность американского «нейтралитета» в разгар военных действий в Европе, анализируют сдвиги в экономической и политической жизни США, американскую программу послевоенного переустройства мира («14 пунктов», сформулированных президентом В. Вильсоном *(Wilson)* в январе 1918 г.). Внешне миролюбивые предложения президента, либеральная и пацифист-

* О первом томе «Истории США» см. ежегодник «Наука и человечество. 1985», с. 364—365. — *Ред.*

мени до средневековья, Ю. Я. Селиранд и Э. Ю. Тыниссон (СССР) анализировали предпосылки и условия возникновения городов в Эстонии и Латвии.

На конгрессе рассматривались вопросы археологии и культуры отдельных славянских городов. Среди них прежде всего нужно назвать доклад члена-корреспондента АН СССР В. Л. Янина о Новгороде, в котором на основе многолетних раскопок исследовалась социальная структура города в X—XI вв. Было показано, что экономической основой Новгорода уже в то время было крупное феодальное землевладение.

Ситуацию зарождения и развития средневековых городов немыслимо понять без изучения сельской округи. Выступавшие говорили об изучении памятников VI—VII вв. на территории Украины, в результате чего получены интересные данные для выяснения общественных отношений славянства в ту пору, об археологическом изучении сельских поселений Нижнего Подунавья, о системе и структуре расселения славян в Македонии; рассматривались отдельные сельские регионы на территории Древней Руси, Польши и Чехословакии.

Славянский мир жил и развивался в условиях постоянных культурных, торговых и политических контактов с другими этносами Европы и Азии. Среди многих докладов, посвященных этой тематике, большой интерес представляли два выступления шведских археологов о находках изделий древнерусского ремесленного производства при раскопках памятников X—XII вв. в Скандинавии. Много интересного говорилось о культурных и торговых контактах славян в регионе Балтики, торговых связях Древней Руси с Подунавьем и западнославянскими землями, о славяно-венгерских контактах. Докладчики освещали и историю архитектуры, домостроительства, искусства, живописи, письменности и геральдики, а также проблемы происхождения славян, их этногенеза, взаимоотношений с другими индоевропейскими группами.

Следующий конгресс решено провести в Югославии в 1990 г.

Россия и освободительная борьба народов Боснии и Герцеговины

В последние годы издано несколько совместных трудов советских и югославских историков, посвященных отношениям России и югославских народов в XVIII—XIX вв. Среди них сборник документов «Освободительная борьба народов Боснии и Герцеговины и Россия. 1850—1864» (М., Наука, 1985). С советской стороны в подготовке сборника участвовали ученые Института славяноведения и балканистики АН СССР и Историко-дипломатического управления МИД СССР, с югославской — Академии наук и искусств Боснии и Герцеговины. Ответственные редакторы — член-корреспондент АН СССР Ю. А. Писарев и академик Сербской Академии наук и искусств М. Экмечич (*Ekmečić*).

Издание включает 244 документа из архивов СССР, Боснии и Герцеговины, Австрии. Основу его составляют материалы Архива внешней политики России ИДУ МИД СССР. Все документы публикуются на языках оригинала и впервые.

Материалы сборника раскрывают социально-экономические процессы, происходившие в середине прошлого столетия в Боснии и Герцеговине — провинции Османской империи, показывают развитие национально-освободительной борьбы народов против османского гнета, помощь России христианскому населению.

Большинство документов составляют донесения российских консулов, аккредитованных в главных городах Боснии и Герцеговины — Сараеве и Мостаре и на побережье Адриатики — в Дубровнике, а также отдельные донесения австрийских консулов в МИД Австрии. Они представляют собой своеобразную летопись всех важнейших событий того периода в этом регионе.

В книге убедительно показано тяжелейшее положение феодально-зависимого населения, исповедующего христианскую религию. В донесениях тщательно излагались многочисленные факты произвола, беззакония и насилий, творимых в отношении крестьян феодалами-землевладельцами, турецкой администрацией, судами. Авторы подчеркивают, что в развитии аграрных отношений большую роль играл фактор внеэкономического принуждения — национальное и социальное бесправие славянского населения использовалось для насильственного внедрения тех форм эксплуатации, которые были выгодны для местных феодалов-мусульман и администрации.

С развитием товарно-денежных отношений в Османской империи обострялся хищнический характер эксплуатации крестьянства, усиливался процесс экспроприации крестьянских земель, увеличивался размер феодальной ренты, повинности (а крестьяне платили по девяти видам различных налогов) взимались даже за несколько лет вперед. Налоги в пользу помещиков и государства поглощали весь прибавочный продукт труда крестьянина, в результате деревня нищала, и экономика Боснии и Герцеговины приобретала застойный характер.

Многочисленные прошения, петиции и жалобы направляли крестьяне к российским консулам, которые ходатайствовали перед турецкой администрацией в пользу крестьян и настаивали на выполнении их справедливых требований. В силу этого славянское население питало к российским консулам больше доверия, чем к представителям неславянских держав.

Усиление феодальной эксплуатации приводило к стихийным крестьянским выступлениям, которые со временем вылились в освободительную борьбу против социального и национального гнета. Материалы издания дают яркую картину этой борьбы, во главе которой в 50 — 60-х годах XIX в. стоял известный деятель национально-освободительного движения Лука Вука́лович (*Vukalović*). Под его руководством в этот период в Герцеговине трижды вспыхивало восстание, в нем принимали участие тысячи крестьян. В сборнике публикуется переписка Вукаловича и других повстанческих вождей с российскими консулами. Материалы освещают требования повстанцев, ход восстаний, дипломатические акции России, стремившейся с помощью европейских держав оказать давление на Порту* и заставить ее осуществить реформы в европейских провинциях, чтобы уравнять в правах христиан и мусульман. Однако эти попытки не увенчались успехом. Порта, опираясь на поддержку Англии и Австрии, смогла подавить восстания. Л. Вукалович эмигрировал в Россию.

Большой интерес представляют документы, отражающие отношение к событиям в Боснии и Герцеговине европейских держав. Наиболее рельефно очерчена позиция Австрии, которая вынашивала экспансионистские планы относительно этих земель и вела двурушническую политику, рассчитывая использовать в своих целях борьбу славянского населения. Раскрываются методы, с помощью которых распространялось австрийское влияние, в том числе проникновение австрийского капитала, который к 60-м годам XIX в. начал играть большую роль в экономике Боснии и Герцеговины. Свои планы имели правящие круги Сербии и Черногории. Выставляя лозунг национального объединения славянских земель, они стремились добиться присоединения к себе Боснии и Герцеговины.

Как свидетельствуют документы, Россия не имела территориальных притязаний на Балканах. Потерпев поражение в Крымской войне и находясь в дипломатической изоляции, она стремилась укрепить свои политические позиции среди славянских народов Балкан. Однако Россия не обладала большими возможностями для активного выступления в их защиту на международной арене. Тем важнее была незаметная систематическая деятельность ее дипломатических представителей на Балканах, которая укрепляла авторитет России среди угнетенного славянского населения и заставляла его видеть в ней свою единственную защитницу. Это наглядно показывают публикуемые в сборнике обращения населения отдельных округов Боснии и Герцеговины к Александру II и канцлеру А. М. Горчакову с просьбой о помощи в избавлении от османского гнета. С помощью России представители наро-

* Принятое в европейской литературе и документах в средние века и новое время название правительства Османской империи. — *Ред.*

(переписка Александра I и Карла XIV Юхана) освещают взаимно благожелательные отношения глав обоих государств. В письме российского императора от 15 (27) апреля 1818 г. выражается надежда, что новый шведский государь сочтет своим долгом активно содействовать «... укреплению общего спокойствия, столь необходимого нашей Европе, слишком долго бывшей жертвой разобщенности политических интересов». В ответном письме от 27 мая (8 июня) Карл XIV Юхан подчеркнул, что «...Европа обрела надежду положить конец честолюбию и произвести перемены в политике, нарушавшей ее покой и ставившей под угрозу существование стольких наций».

Выход в свет совместного советско-шведского сборника архивных документов и материалов — событие, безусловно, знаменательное. Исторический опыт отношений России и Швеции в прошлом, как и их добрососедство в наши дни, весьма поучителен. Кровопролитные и затяжные войны между ними давно отошли в область предания, а начатое в 1809—1818 гг. сближение способствовало становлению и укреплению нейтралитета Швеции.

«Промышленные офицеры» афро-азиатского мира

Государственный сектор в подавляющем большинстве афро-азиатских обществ, будь то страны капиталистической или социалистической ориентации, занимает доминирующие позиции. Это и понятно — рост госсектора существенно ускоряет эволюцию многоукладной социально-экономической структуры развивающихся государств, способствует быстрейшему перерастанию переходного общества в определенную формацию. Но если считать, что именно объективная роль госсектора в данном случае во многом определяет путь общественного развития, то, естественно, чрезвычайно велико должно быть и значение тех, кто сознательно направляет его деятельность, руководит им и, следовательно, имеет возможность оказывать значительное влияние на ход экономических, социальных и других процессов. Поэтому появление монографии доктора исторических наук Р. Г. Ланды «Управленческие кадры и социальная эволюция стран Азии и Африки» (М., Наука, 1985), исследующей это ключевое в социально-политическом смысле звено госсектора, на самом деле означает и новый вклад в изучение долговременных базисных факторов развития освободившегося мира.

Одна из главных тем монографии — роль управленческой прослойки госсектора как источника формирования правящей элиты молодых государств и бюрократической буржуазии в странах капиталистического развития. Как подчеркивает автор, административно-управленческая прослойка госсектора в странах Азии и Африки — любопытнейшее социальное явление: в ней сфокусированы противоречивые, иногда взаимоисключающие черты, тенденции и функции, присущие самым разным классам и слоям современного многоукладного афро-азиатского общества. В то же время это как бы своеобразная фракция хозяйственных менеджеров, каковые, по К. Марксу, суть «промышленные офицеры... распоряжающиеся во время процесса труда от имени капитала». То, что в нашем случае капитал принадлежит государству, а не частному лицу, далеко не всегда меняет дело, ибо, как показывает автор, классовый характер государственной власти в афро-азиатском мире наших дней весьма сложен и неоднозначен.

Социальный итог деятельности госкапитализма определяется характером общества, в котором он действует, уровнем развития производительных сил, удельным весом различных типов производственных отношений, степенью зрелости, организованности, сознательности, политической силой и идеологического влияния классов и социальных групп многоукладного общества. Поэтому и госсектор, и особенно его управленческая прослойка являются объектом ожесточенной классовой борьбы. А так как «промышленные офицеры» действуют в сложной политической обстановке, в условиях столкновения и переплетения классовых и социальных интересов, это нередко придает их действиям многозначность, определяемую стремлением учесть интересы не только правящего класса или блока, но и его оппонентов, подчеркивая тем самым якобы надклассовость, общенациональный характер своей деятельности.

Эти внешне проступающие черты некой обособленности, вознесенности над обществом, своего рода общественной миссии «социальной объективности» дали основание говорить о выделении данной группировки в специфический класс держателей государственной собственности, отличающийся и от «только буржуазии», «только бюрократии», «только управляющих государственным имуществом» и т. п. Но в конце концов упомянутые выше черты носят только временный характер, сохраняясь до той поры, пока выполнение общенациональных задач подъема экономики, крупномасштабного строительства и т. п. превалирует над выполнением более узких классовых задач. Рано или поздно в рядах руководящей прослойки госсектора побеждает определенная классовая тенденция, после чего эта прослойка превращается в механизм политического господства соответствующих общественных сил, приобретая сходство с правящим слоем любого классового государства.

В монографии приводится множество примеров, показывающих, что социальные связи управленческой верхушки госсектора, как правило, идентичны социальной характеристике правящей элиты в целом. Причем, чем дольше срок функционирования последней, тем выше степень ее своего рода «социальной бюрократизации». Осуществляя управление экономикой, исполнение и корректирование решений верховной власти, администрация государственного сектора активно влияет на эти решения и сама представляет собой элемент (а в ряде случаев — также источник формирования) правящей элиты.

Следует отметить еще один важный фактор, серьезно воздействующий на административно-управленческую прослойку в ее ориентации на капитализм, — это влияние неоколониализма. Широко использовалось, например, проникновение в еще складывающийся аппарат молодых государств иностранных экспертов, советников, консультантов, технических специалистов. В последние годы стала применяться и другая форма: обработка, воспитание и формирование местных кадров чиновничества, вполне «национальных» по происхождению, но антинациональных по идеологии и настроениям. Для этого используется стажировка чиновников в странах Запада, их переподготовка, организация симпозиумов, дискуссий и семинаров, в ходе которых эксперты (обычно с долгим опытом службы в рядах колониальной администрации) внушают молодым служащим афро-азиатского мира, что перед ними дилемма: взять ли за образец структуру и порядки западного госаппарата «в нетронутом виде или с небольшими модификациями». Этой же цели нередко служит литература, авторами которой выступают уроженцы стран Азии и Африки, обычно выходцы из буржуазной среды, получившие образование на Западе и старательно пропагандирующие на родине именно его опыт. Еще один из инструментов влияния неоколониалистов — так называемая техническая помощь освободившимся государствам в деле подготовки кадров (масштабы ее постоянно увеличиваются).

Значительное место в книге уделено государственному сектору в странах социалистической ориентации. Разумеется, привычки и методы работы, привнесенные из докапиталистических укладов, до сих пор негативно воздействуют на деятельность и капиталистически и социалистически ориентированного госсектора. Отсюда частая неэффективность, хаотичность как самого производства, так и управления им. Однако преодолевать подобные явления странам социалистической ориентации по ряду причин труднее, чем государствам капиталистического развития. В последних перед госсектором в основном ставится проблема рационализации и совершенствования управления на современной основе, и не более. Взаимодействие с частным сектором там либо налажено, либо технически отрабатывается, не вызывая возражений ни с чьей стороны. Но в странах

соориентации, помимо названных технико-организационных проблем, госсектор вынужден решать и многие другие, преимущественно социальные и политические проблемы, неразрывно связанные с коллизиями перестраивающейся на ходу экономики. Обычно трудно бывает разглядеть, как подчеркивает автор, где при этом кончается экономика и начинается политика. Поэтому здесь классовая борьба приобретает особо острые формы и возможны самые неожиданные политические зигзаги. Причем даже преобладание прогрессивных элементов среди управленческих кадров госсектора отнюдь не всегда в этом случае является гарантией. Как правило, они вынуждены сотрудничать с буржуазными и пробуржуазными элементами как в аппарате, так и вне его. Более того, при определенных условиях управленческие кадры не застрахованы от буржуазно-бюрократического перерождения. Именно оно явилось одной из важных причин отхода от социалистической ориентации в Египте, Гане, Мали. В основе их — паразитирование чиновничества на стыке частного и государственного секторов.

Однако ведущей тенденцией в государствах соцориентации является все же непрерывное расширение общественного сектора (путем национализации, кооперирования, строительства новых объектов). Это создает основу для ограничения стихийного развития капитализма и присущих ему экономических законов, для внедрения хозяйственного планирования и новой организации производительных сил в рамках госсектора, для роста численности рабочего класса и кооперированного крестьянства, новой интеллигенции и связанных с ней групп служащих, в том числе управленческой прослойки — «промышленных офицеров», которые в этом случае действуют уже от имени не капитала, но народа. Все эти классы и слои постепенно приобретают уже иную социальную природу и социальную психологию — не только труженика, но и свободного от частной эксплуатации члена общества, в индивидуальное сознание которого постепенно внедряются коллективистские начала, понимание общего интереса.

Политическая история Ахеменидов

В VI в. до н. э. возникло государство Ахеменидов, просуществовавшее два столетия. Это была первая в истории мировая держава, объединившая под властью персидских царей десятки стран и народов — от Египта до Северо-Западной Индии. Ее история — это, по существу, история всего Ближнего Востока и Средней Азии. Интерес к ней историков постоянен: почти каждый год в мире выходят труды, посвященные ахеменидскому периоду. Но обычно политические проблемы рассматриваются в них лишь бегло, и, как правило, их изложение прерывается на V в. до н. э., после чего авторы переходят к описанию походов Александра Македонского на территорию персидских царей. До настоящего времени политическая история древнего Ирана наиболее подробно была исследована американским востоковедом А. Т. Олмстедом (Olmsted) в «Истории Персидской державы», работа над которой была завершена в 1943 г. После ее издания в 1948 г. археологи нашли значительное число письменных источников, нередко существенно дополняющих наши сведения о политических событиях VI-IV вв. до н. э. В связи с этим выход в свет монографии доктора исторических наук М. А. Дандамаева «Политическая история Ахеменидской державы» (М., Наука, 1985), в которой сделана попытка воссоздать цельную картину происходивших событий на основе всех известных к настоящему времени источников и научной литературы, — несомненно крупное событие в иранистике.

М. А. Дандамаев чрезвычайно обстоятельно, последовательно и аргументированно излагает и анализирует всю внутреннюю и внешнеполитическую историю Ахеменидского государства от самых ранних его истоков до крушения под ударами войск Александра Македонского, в том числе и причины этого крушения.

Весьма интересна трактовка автором так называемого переворота Гауматы. Известно, что пока Камбиз в течение трех лет безвыездно находился в завоеванном Египте, на его родине начались волнения. В марте 522 г. он получил известие о восстании в Персии, которое поднял его младший брат Бардия, провозгласив себя царем. Камбиз направился в Персию, но умер в пути при загадочных обстоятельствах, не успев вернуть себе власть. Вскоре Дарий убил Бардию (или, по официальной версии, мага Гаумату, выдавшего себя за давно умерщвленного Бардию) и захватил престол.

Еще начиная с середины прошлого века широкое распространение в науке получило мнение, что переворот Гауматы был реакцией мидийской знати на персидское господство и что Гаумата стремился к восстановлению гегемонии мидийцев над персами, к реставрации Мидийского царства. Но такая постановка вопроса, как считает М. А. Дандамаев, упрощает сложную и своеобразную историческую обстановку, сложившуюся в конце 20-х годов VI в. до н. э. в Персии. Прежде всего переворот Гауматы произошел вовсе не в Мидии, а в Пайшияуваде, которая была расположена в Персии. Кроме того, источники не содержат никаких данных в пользу предположения, что Гаумата хотел сделать положение Мидии более привилегированным, чем положение Персии или даже остальных стран. Чтобы разобраться в политике Гауматы, следует иметь в виду социальную политику Камбиза.

Многие историки считают Камбиза болезненным деспотом, без всякой рациональной цели совершавшим бессмысленные преступления и жестокости, особенно в отношении родовой знати. Враждебное отношение к памяти Камбиза заметно и в официальной персидской традиции. В то время как могила его предшественника Кира II охранялась в качестве государственной святыни, Камбизу не была сооружена даже гробница. В связи с этим возникает вопрос: какая социальная группа в Персии идеализировала Кира и осуждала Камбиза? Чтобы ответить на него, необходимо иметь в виду, что Персидское государство, едва возникнув при Кире II, буквально через два десятилетия, еще не освободившись от господства родо-племенных отношений, стало мировой державой. Поэтому Персия не успела пройти тот исторический путь, который характерен для большинства других древних государств. Это путь борьбы между царской властью, стремившейся к неограниченному господству, и родовой знатью, отстаивавшей свои традиционные привилегии. При Кире II борьба еще не была заметна, так как персы покоряли один за другим десятки народов. Внимание Кира было обращено на дальнейшие завоевания, которые давали родовой знати возможность обогащаться и увеличивать свое влияние. Но государство развивалось, выходило из рамок патриархально-родовых отношений, завоевывались все новые и новые страны, а его социальная база по-прежнему была узка. При Камбизе противоречия между родовой знатью и царской властью обнаружились в полной мере, что и побудило его ликвидировать привилегии древних родов.

В книге ярко описаны греко-персидские войны и, в частности, Марафонская битва. Поражение в ней персов, как считает автор, было вызвано целым рядом причин. Хотя их армия несколько превосходила численно афинскую, только часть ее смогла вступить в бой, а конница оставалась в стороне. Кроме того, персы действовали в незнакомой стране и проделали для этого большой путь. Греческие тяжеловооруженные пехотинцы были закованы в железо, и легковооруженные персидские лучники не смогли расстроить их ряды. А когда начался рукопашный бой, лучники не сумели принять в нем активного участия. Большое значение имело и то, что афинским войском руководил талантливый полководец Мильтиад, который был хорошо знаком с персидским военным делом. Наконец, нельзя забывать также, что афиняне боролись за свою страну, свободу и за сохранение нарождавшегося демократического строя; они знали, что в случае поражения были бы выселены из своих родных мест и обращены в рабство. Поэтому им оставалось либо погибнуть, либо победить.

Однако победа при Марафоне имела скорее моральное, чем военное значение. Лишь небольшая часть персидского [illegible] понесла поражение, и Дарий

справедливо считал, что проиграл сражение, но не войну.

Завершает монографию исследование войны персов с Александром Македонским. Как подчеркивает М. А. Дандамаев, историка, читающего древние описания походов Александра, не покидает чувство, что персидская армия должна победить: персы сражались храбро, у них было большое число опытных и верных своему долгу греческих наемников, явное превосходство во флоте, неистощимый экономический потенциал. Тем не менее крушение Ахеменидской державы оказалось неизбежным. Измученные постоянными восстаниями и междоусобицами, доведенные до разорения подданные персидского царя совершенно безучастно следили за ходом войны. От старых правителей они уже не ожидали никакого облегчения налогового бремени и ждали новых завоевателей как своих освободителей. Круг замкнулся: как некогда вавилонян не спасли в войне против Кира II их неприступные укрепления, так теперь персам не помогли их серпоносные колесницы и боевые слоны.

История и культура Центральной Азии в средние века

С 1980 г. под эгидой ЮНЕСКО начал издаваться фундаментальный шеститомный труд «История цивилизаций Центральной Азии». Задачами подготовки IV и V томов этого издания определялись тема и хронологические рамки международной научной конференции «Культурно-исторические процессы в Центральной Азии в средние века», организованной Советским комитетом Международной ассоциации по изучению культур Центральной Азии (МАИКЦА)* в сентябре 1985 г. в Алма-Ате. В работе конференции приняли участие видные ученые из Венгрии, ГДР, Индии, Ирака, Монголии, Пакистана, США, Турции. Советский Союз был представлен специалистами из Казахстана, Киргизии, Таджикистана, Туркмении и Узбекистана, из Бурятской АССР и главных центров востоковедения Российской Федерации — Ленинграда, Москвы и Новосибирска. Председательствовал известный пакистанский ученый, вице-президент МАИКЦА А. Дани (A. Dani).

На конференции работали две секции: «История и история идей» и «Культура и искусство».

Доклады первой секции касались общих проблем средневековой истории и социального развития народов и стран региона*, истории общественной мысли и религий, истории науки в Центральной Азии. Всесторонне рассматривались социальная структура древнетюркских государств, культурно-историческое развитие народов Средней Азии эпохи средневековья, географические границы историко-культурного региона, мировоззренческая основа обрядов жизненного цикла в культовой системе ламаизма, место теологии и философии в системе средневековой истории, медицинская наука и лечебная практика в исламском мире и ряд других вопросов.

Важное место в программе секции «История и история идей» занимали источниковедение и историография. С большим интересом были заслушаны доклады об историографических взаимосвязях стран Центральной Азии, изучении позднесредневековой истории Ирана в СССР, истории государства Караханидов, о Великих Моголах в кокандской историографической традиции, об опыте изучения и систематизации источников, хранящихся в Институте востоковедения АН Узбекской ССР в Ташкенте.

Много внимания было уделено отдельным аспектам культурного и социального развития средневековых государств региона: развитию городов, экономическим связям оседлого и кочевого населения, этническим процессам, культурным и историческим взаимосвязям отдельных областей и государств Центральной Азии.

В секции «Культура и искусство» обсуждались специфика искусства и архитектуры Центральной Азии и периодизация их развития, художественные школы и историко-культурные области в пределах Центральноазиатского региона. Рассматривались архитектурное наследие кочевых народов, мировоззренческие аспекты архитектуры и искусства, а также декоративно-прикладное искусство различных народов Центральноазиатского региона, взаимосвязь искусства и архитектуры Индостана и Средней Азии.

Оживленная дискуссия развернулась по поводу реставрации и охраны памятников культуры. Особенно большой интерес вызвала ценная информация об охране и реставрации памятников искусства в советской Средней Азии.

На заседаниях второй секции обсуждались также проблемы истории и развития языков и литератур народов Центральной Азии, фольклора, письменности, изучения текстов и т. п.

В рамках конференции прошел «круглый стол», посвященный жизни и деятельности великого сына казахского народа, востоковеда и исследователя Центральной Азии XIX в. Чокана Валиханова (в связи со 150-летием со дня его рождения).

Состоялось также Бюро МАИКЦА, проходившее под руководством президента ассоциации, президента АН СССР М. Асимова. На ней была заслушана информация о деятельности национальных комитетов МАИКЦА в странах Центральноазиатского региона и научных центров Венгрии, ГДР, Турции и США. Было заслушано сообщение о работе Советского комитета и «Центра информации и документации МАИКЦА» в Москве.

На сессии обсуждались также вопросы публикации и распространения научных печатных органов ассоциации: «Журнала Центральной Азии» («Journal of Central Asia») и «Информационного бюллетеня» МАИКЦА («Information Bulletin»), издающихся соответственно в Исламабаде и в Москве; координации планов работы МАИКЦА и программы ЮНЕСКО на 1986—1987 гг. В этой связи членами Бюро было внесено предложение об организации в одной из стран региона в 1987 г. научной конференции по истории и культуре Центральной Азии, посвященной новому времени — XVII—XIX вв.

Культурное наследие Востока

Так называется фундаментальный коллективный труд, выпущенный в 1985 г. Ленинградским отделением издательства «Наука» (ответственный редактор академик Ю. В. Бромлей). Он посвящен истории, культуре и искусству первобытного, древнего и средневекового Востока, взаимодействию и взаимообогащению культур Востока и Запада, начиная с их истоков и до нового времени. Авторы книги — видные историки, философы, искусствоведы, археологи, антропологи, этнографы, литературоведы и лингвисты, работающие в разных республиках СССР. Широко использованы новые, оригинальные научные материалы, большая часть их публикуется впервые и прежде не вводилась в научный оборот. Многие аспекты этого труда весьма актуальны применительно к духовной жизни современного сложного мира.

Генезис и развитие культурно-исторических процессов прослеживаются в хронологическом порядке по результатам междисциплинарного изучения памятников материальной и духовной культуры, открытых на территории Малой Азии, Кавказа, Средней Азии, Индостана и Северной Африки. Фактически же в соответствии с логикой научных изысканий интересы исследователей неизбежно выходят далеко за рамки указанных географических регионов и, естественно, привлекают внима-

---

* Советский комитет по изучению цивилизаций Центральной Азии — таково его полное название — был учрежден решением Президиума АН СССР в 1974 г. [illegible] Отделения истории АН СССР [illegible] ССР по делам ЮНЕСКО в [illegible] объединения, пред[illegible]скую науку в

* В состав региона, как он определен в соответствии с задачами программы ЮНЕСКО изучения культур Центральной Азии, входят территории следующих современных государств: Восточный Иран, Афганистан, Пакистан, север Индии, КНР (западные районы), МНР, республики советской Средней Азии (включая Казахстан), Тувинская и Бурятская автономные республики РСФСР.

ние к событиям в истории и культуре едва ли не всего Старого Света.

Действительно, такие проблемы, как, скажем, проблема первоначального заселения территории СССР и история развития здесь первых общностей формирующихся людей — во многом исходная для понимания тех культурно-исторических процессов, что позднее проявятся в специфике восточных культурных традиций в сравнении с западными. А эта проблема, решаемая на материалах упоминавшихся выше регионов, неизбежно побуждает в ретроспективном рассмотрении истоков человечества углубляться до палеоантропологических открытий в районах, прилегающих к экваториальной Африке, или в юго-восточных районах Азиатского материка. В итоге выявляются по крайней мере три возможных пути продвижения в Среднюю Азию первопроходцев — формирующихся людей: юго-западный (ближневосточный), северо-западный (северокавказский) и южный (пенджабский). В нижнем палеолите каждый из них уже имел специфические особенности в культуре обработки камня и в связанных с ними традициях. Так, отправным пунктом третьего из путей является, вероятнее всего, зона в предгорьях Гималаев на севере современного Пакистана и северо-западе Индии. По этому пути в Среднюю Азию проникла наиболее архаическая традиция эпохи палеолита, связанная с галечной культурой чопперов — чоппингов, с простейшими приемами оббивания галек для получения самых примитивных по внешнему облику каменных орудий. Иное дело — первый и второй пути, по которым соответственно проникли на ту же территорию Средней Азии, а затем, возможно, и далее на восток, носители иных, по внешнему виду более развитых культурных традиций, связанных с техникой обработки камня: по первому пути — ашело-леваллуазских традиций, основанных на специальной выделке орудий из предварительно заготовленных каменных пластин с правильными формами и по второму пути — еще более совершенных ашело-мустьерских культурных традиций, основанных на тщательной выделке двусторонне обработанных каменных орудий с правильными симметричными формами. При этом в различных вариантах датирования и анализа наиболее ранних находок выдвигаются определения их возраста от 800 тыс. до 2 млн. лет, причем в последнем случае устанавливается известное сходство по формам и сближение во времени среднеазиатских находок с древнейшими африканскими, что требует дальнейшего исследования встающих в этой связи сложнейших проблем первоначальных очагов становления, путей расселения и характера первых культурных контактов формирующихся древнейших человеческих коллективов. Более того, если теперь вернуться мысленно по первому и второму путям к Ближнему Востоку и Кавказу, то и здесь, на фоне безусловного преобладания, соответственно ашело-леваллуазских и ашело-мустьерских культурных традиций, мы встретим уже знакомые нам традиции галечных культур, типичных для восточной части Старого Света.

Таким образом, еще на самых ранних стадиях истории и культуры первобытного общества ощутимо вступали в действие такие тенденции дифференциации и взаимопроникновения, взаимовлияния едва только начавших складываться культурных традиций, которые в известном смысле аналогичны гораздо более поздним признакам глубокого своеобразия восточного колорита во всем спектре культурных достижений человечества.

Еще в эпоху палеолита различные по своей окрашенности типы культурных традиций не только дробились и расходились в пространстве по мере заселения людьми все новых территорий, но и, следуя противоположно направленным тенденциям, сближались и обогащались взаимно в ходе этих контактов. Не потому ли (если перейти на следующий уровень анализа — антропологический) для подавляющего большинства древних и современных народов совершенно очевидным являются свидетельства их смешанного (даже по чисто биологическим параметрам) происхождения. Практически все они оказываются рано или поздно (по мере углубления соответствующих методов научного анализа) отнюдь не «чистыми расами», но носителями разных по своему происхождению антропологических комплексов.

Это обстоятельство получило дальнейшее развитие в рассматриваемой книге применительно еще к одному древнему народу — кыпчакам в связи с археологическими раскопками под руководством академика Б. Б. Пиотровского средневековых кыпчакских погребений у железнодорожной станции Моздок на Северном Кавказе и последующим антропологическим анализом находок, проведенным членом-корреспондентом АН СССР В. П. Алексеевым. В результате выяснилось, что вопреки распространенному мнению кыпчаки не представляли собой чистых европеоидов, так как в их различных территориальных группах, включая и Северный Кавказ, весьма ярко были представлены монголоидные элементы, хотя и в различной степени: от примеси до несомненного преобладания.

Переходя на следующий уровень анализа — лингвистический, необходимо в первую очередь отметить работу академика Т. В. Гамкрелидзе, посвященную проблемам происхождения и распространения индоевропейских языков и направлений, по которым мигрировали говорившие на этих языках племена первобытных скотоводов. Ученый обосновывает новую гипотезу, согласно которой следует конкретизировать географические границы прародины индоевропейцев на территории Малой Азии.

В частности, центральные и западные районы Малой Азии явились своего рода стартовой площадкой для распространения диалектов, на основе которых формировался древнегреческий язык, от западных оконечностей Малой Азии на острова Эгейского моря и в материковую Грецию. О противоположном направлении миграций племен, говоривших на древних индоевропейских диалектах, — на восток и далее через Среднюю Азию в Европу — свидетельствуют многочисленные заимствования индоевропейских слов в центральноазиатских языках (тюркских, монгольских, финно-угорских и енисейских) и, наоборот, слов из этих языков в индоевропейские диалекты. Лишь проделав такой путь, могли вызреть предпосылки для той первоначальной диалектной общности, которую условно называют «древнеевропейскими» языками.

Эти процессы могли развертываться, как утверждает ученый, лишь при условии, что к III тысячелетию до н. э. в промежуточном ареале между Причерноморьем и Приволжьем обосновались далекие потомки тех носителей формирующихся «древнеевропейских» диалектов, которые последовательными волнами миграций распространялись от переднеазиатской прародины вначале на восток до Центральной Азии, а затем на запад до южных областей Восточной Европы. Отсюда уже к концу II тысячелетия до н. э., как бы со своей «второй родины», носители «древнеевропейских» диалектов постепенно распространялись к западу по Европейскому материку, оттесняя местное «доиндоевропейское» население, а в своей живой

СТО ЛЕТ НАЗАД

ПАРИЖ. Особенные затруднения представляет управление хором, скрытым за сценой. Оркестр и певцы видят магическую палочку дирижера, и в этом, конечно, их преимущество. Совсем в другом положении находятся певцы за сценой: им надо следить за ходом пьесы и мелодии, чтобы начать вовремя уже на свой страх. Французские физики решили помочь капельмейстерам оперы устройством какого-нибудь прибора для этой цели. Приборов было предложено много, но наиболее удачным оказался электрический метроном Карпантье, который и действует теперь в парижской опере. Такой прибор вешают за сценой в том месте, где стоит хор. В действие же он приводится током, идущим от пюпитра дирижера оркестра, где под его ногой находится маленькая педаль.

«Новь»

речи постепенно приближаясь к образованию отдельных языковых единств: италийского, кельтского, германского, балтийского, славянского, за которыми уже угадываются контуры современных языков. Параллельно с этими процессами происходило культурное и этническое размежевание соответствующих древних племен и племенных союзов.

Культурно-исторические процессы такого рода развертывались во времени и в пространстве с различной скоростью, но в отдельные эпохи становились исключительно интенсивными. Одним из таких моментов были события, связанные с походами Александра Македонского, на гребне которых потомки единых культурных традиций оказывались нередко противостоящими носителями «идей Запада» и «идей Востока».

Характерным примером является беседа Александра Македонского с индийскими мудрецами, которая стала одной из наиболее интересных тем во всей античной литературе, посвященной Индии. В этом контексте член-корреспондент АН СССР Г. М. Бонгард-Левин провел глубокий и тонкий анализ одного из интереснейших документов позднеантичной эпохи — сочинения «О жизни брахманов», принадлежавшего перу Палладия (вторая половина IV в. н. э.). Ученый приходит к заключению, что хотя сочинение Палладия в целом и не может рассматриваться в качестве абсолютно достоверного источника в изложении религиозных и философских традиций Древней Индии, тем не менее само это произведение имеет исключительно важное значение для понимания общей направленности традиционных для Европы представлений античной эпохи об «индийской мудрости», с одной стороны, а с другой — тех нововведений, которые стали проникать в эти традиционные представления на заре распространения христианства.

С другой стороны, на противоположном конце ареала этих культурных контактов последствия их получают иное преломление и осмысление. Так, в Средней Азии и в районе Пенджаба глубинные последствия процессов, обусловленных эллинистическим воздействием на местные культурные традиции, кристаллизуются в проявлениях повышенного и возрастающего интереса к человеческой личности, что получает особенно наглядное отображение в изобразительном искусстве. Появляются новые стилистические особенности: экспрессивность как выражение характера или психологических качеств и состояний персонажа, портрет в качестве лучшего средства выявления и воплощения сокровенных глубин человеческого «я». Существенно новым явлением, в сравнении с традициями древневосточного искусства, стала здесь передача с помощью средств изобразительного искусства расовых и этнических особенностей представителей разных народов, внешних подробностей и деталей их культуры и быта. Все это обусловило новый уровень развития искусства Среднеазиатско-Пенджабского региона и сопредельных областей.

Итак, к каким бы пластам культурного наследия Востока — сравнительно близким к нам или удаленным на многие тысячелетия — ни обращались современные исследователи, всюду речь идет об ограниченности печально известного прямолинейного афоризма: «Запад есть Запад, Восток есть Восток, и вместе им не сойтись». Напротив, традиции человечества глубоко едины. Культурное наследие Востока — ярчайшее тому подтверждение.

Уникальные находки

Судьба этих памятников не совсем обычна. Один из них был надгробием, другой — частью монументального здания; созданы были они в IV в. до н. э. Но на рубеже I в. до н. э. и I в. н. э. оба оказались на месте строившейся сельскохозяйственной усадьбы (потом и она была разрушена; теперь там просто поле). Эти памятники, которые сегодня мы рассматриваем как образцы высокого искусства, строители усадьбы использовали в качестве простых камней. Они были перевернуты рельефом вниз, в землю, и служили один — ступенью, а другой — частью каменного настила. Как ни парадоксально, но именно такое «невежливое» обращение сохранило им жизнь, именно это спасло их от дальнейшего повреждения или полного уничтожения.

Так случилось, что первые «раскопки» на этом поле начал плуг. В ноябре 1982 г. тракторист А. Н. Завгородний из совхоза «Юбилейный» (Темрюкский район Краснодарского края) нашел здесь удивительную мраморную плиту высотой 1,5 м. Именно она оказалась первым «пробным камнем» начинающейся истории раскопок «Юбилейного». Это был надгробный рельеф третьей четверти IV в. до н. э. греческой работы: обнаженный юноша со щитом и плащом за спиной изображен в наступательной позе. Рельеф этот хранится в Таманском музее.

Летом 1983 г. здесь начал планомерные археологические исследования Государственный музей изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Велись они методом послойного изучения: культурный слой поселения раскапывается на уровне одного строительного периода на широких площадях, что создает возможность более быстрого его «прочтения». Такой вариант раскопок облегчался и расположением объекта вдали от населенного пункта.

Тот строительный период, который исследовался на протяжении сезонов 1983—1985 гг., соответствует времени сооружения в I в. до н. э. упомянутой сельскохозяйственной усадьбы. Она, как и вся Тамань и восточная часть Крыма, в древности (с V в. до н. э.) входила в состав Боспорского государства, центр которого — Пантикапей — находился на территории современной Керчи. С историей Боспорского государства была связана и жизнь усадьбы «Юбилейное-I».

Сейчас еще рано говорить, кто основал ее, к какому полису относились эти земли, почему она была построена именно здесь, как и отчего прекратила свое существование. Решение этих вопросов во многом зависит от результатов изучения всего района, на котором разведками выявлены и другие «пятна» поселений: «Юбилейное-II,III,IV».

От усадьбы на поселении «Юбилейное-I» сохранилось немного: фундамент шириной 2 м, местами — каменный цоколь высотой 0,8 м и археологические детали, позволяющие достаточно полно воссоздать и общий облик постройки и способ ее сооружения.

По фундаменту восстанавливается план усадьбы. В ней были три части: одна большая, вытянутая, мощенная крупными плоскими плитами (по всей вероятности, двор), и два помещения поменьше; судя по находкам светильников и фрагментов простой керамики, они были жилыми. Помещения сообщались между собой: найдены следы дверных проемов.

Ширина кладки фундамента говорит о том, что он вполне мог выдержать высоту стен до двух-трех этажей, тем более что материал этих стен был достаточно легким: на каменный цоколь высотой около 0,8 м клали полуобожженный кирпич с примесью соломы (фрагменты его сохранились).

Материал, из которого были выложены фундамент и цоколь усадьбы, имеет одну особенность, весьма привлекательную для археологов. Почти весь он использовался вторично. Это значит, что в новых кладках строители применяли камень, уже обработанный ранее и в свое время служивший другим целям.

Установлено, что до начала строительства была подготовлена площадка размером более 300 кв. м. Затем на ней, вероятно, по шнуру был размечен план будущего здания. По этой разметке были уложены камни фундамента стен — мелкий необработанный известняк, среди которого часто встречались архитектурные и скульптурные фрагменты, специально разбитые до нужных размеров. То, что они разбивались на месте, доказано: детали одного памятника были найдены в кладках разных стен. На фундамент клали цоколь, составленный преимущественно из архитектурных фрагментов других зданий, а на цоколе возводилась уже сама стена. Постройку венчала крыша из керамической черепицы. Вне всякого сомнения, поверхность стен была закрыта — или оштукатурена, или обмазана глиной. Разнородный материал, заложенный в цоколь, снаружи не был виден.

Судя по всему, фрагменты архитектуры и скульптуры, использованные при строительстве усадьбы (большей частью из керченского известняка), привезли одновременно и из одного

Рис. 1. Фундамент сельскохозяйственной усадьбы I в. до н. э. на поселении «Юбилейное-I» (Темрюкский район Краснодарского края), где ведет раскопки археологическая экспедиция Государственного музея изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Местами на фундаменте сохранился каменный цоколь высотой 80 см

места. Размеры, пропорции и некоторые характерные особенности этих фрагментов свидетельствуют о том, что все они первоначально относились к одному сооружению, созданному в конце IV — начале III в. до н. э. Сооружение, хотя и не очень большое, было монументальным. Это мог быть памятник типа героона — святилища в честь героя. Здание было построено в ионийском ордере и имело фриз, тоже известняковый, который располагался, по всей вероятности, на уровне глаз зрителей.

Фрагмент фриза, составленный из трех кусков, показан на фото. Главная тема изображения — битва, в дошедшем до нас фрагменте в сцену сражения включено пять персонажей. На переднем плане показана схватка конного и пешего (скорее всего, упавшего на колени) воинов: конный схватил пешего за волосы и занес меч. Дальше — стоящий пеший воин пронзает конного, который падает с лошади. Пятый персонаж этой сцены дан выше поверженного воина, от его фигуры сохранилась лишь часть.

Пока еще вопрос о том, что за сцена изображена на этом рельефе, кто сражается, кто победитель, остается открытым. Существует мнение, что это амазономахия — битва греков и амазонок.

Иными словами, можно (хотя бы предположительно) говорить о греческой основе сюжета рельефа. Но композиция и детали свидетельствуют о его местном происхождении. Так, греческий мастер передал бы этот сюжет в свойственной ему повествовательной манере, выстроив персонажи в одном горизонте, чередуя один эпизод боя за другим, последовательно раскрывая картину битвы. Мастер же этого рельефа соединил отдельные сцены, как бы совместив их в одном фокусе, расположив персонажи в несколько ярусов. Так получилась необыкновенно насыщенная людьми и событиями сцена, настоящий «клубок».

Детали изображения — такие, как костюмы сражающихся, их вооружение, прически, — также имеют явно негреческий характер. Но особенно очевидно это в том, что у морды лошади перед ногами всадника изображены две отрубленные и подвешенные к коню головы — знак особой воинской доблести у варваров.

Уникальность этого рельефа трудно переоценить. Перед нами, можно думать, наиболее ранняя из найденных доныне работ боспорских скульпторов, причем мастеров хорошей школы. Это оригинальное произведение, стоящее совершенно особняком в кругу известной сегодня античной скульптуры.

Три части рельефа, обнаруженные в 1983 г. среди плит мощеного подиума усадьбе, лежали вперемешку с другими камнями. В течение того же 1983 г. и двух последующих лет в кладке усадьбы были обнаружены и другие фрагменты этого рельефа.

В 1985 г. при раскопках усадьбы был найден еще один рельеф — мраморный. Эта находка — событие в нашей науке. Рельеф поражает и своими размерами (высота около 1,9 м), и весом (более 600 кг), и прекрасной сохранностью. На нем представлены два воина, оба вооруженные, в коринфских шлемах. Они обращены лицом друг к другу, один — молодой, другой — средних лет, с бородой. Необычайна одухотворенность образов этой стелы. Она принадлежит к высоким достижениям греческой мемориальной пластики периода поздней классики.

Как и первая, «случайная» находка 1982 г. — это тоже надгробие, оно сделано аттическим мастером в третьей четверти IV в. до н. э. Судя по креплению в верхней части плиты и тому, как показана правая рука бородатого воина, это надгробие было заключено в архитектурное обрамление — эдикулу (нишу с колоннами) и стояло на высоком постаменте. В усадьбе же оно использ-

СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Член Парижской академии наук Г. Марей нашел, что когда человек идет под такт известной музыки, то протяжение его шага возрастает значительно и доходит до максимума, равного 75 полным шагам в минуту. При ускорении такта протяжение шага сокращается. Скорость ходьбы увеличивается с увеличением такта до максимума, равного 85 шагам в минуту; скорость затем уменьшается, если музыка еще ускоряется. В беге, напротив того, протяжение шага возрастает по мере ускорения такта, что же касается быстроты движения, то она возрастает неопределенно, вместе с увеличением быстроты такта и достигает почти 10 метров в секунду.

«День»

США. В американских газетах сообщают, что один известный техник в Вашингтоне изобрел небольшой инструмент, которому он дал название «бакинг». Этот инструмент имеет очень удобную форму и легко помещается во рту. Если сквозь него пропускать голос, то последний получает необыкновенно приятный, мягкий звук, независимо от свойств самого голоса. Дальнейшее усовершенствование, к которому стремится изобретатель, заключается в том, чтобы при помощи его достигать постановки голоса октавой выше, благодаря чему число теноров получит, вероятно, значительное приращение из рядов баритонов.

«Нива»

речи постепенно приближаясь к образованию отдельных языковых единств: италийского, кельтского, германского, балтийского, славянского, за которыми уже угадываются контуры современных языков. Параллельно с этими процессами происходило культурное и этническое размежевание соответствующих древних племен и племенных союзов.

Культурно-исторические процессы такого рода развертывались во времени и в пространстве с различной скоростью, но в отдельные эпохи становились исключительно интенсивными. Одним из таких моментов были события, связанные с походами Александра Македонского, на гребне которых потомки единых культурных традиций оказывались нередко противостоящими носителями «идей Запада» и «идей Востока».

Характерным примером является беседа Александра Македонского с индийскими мудрецами, которая стала одной из наиболее интересных тем во всей античной литературе, посвященной Индии. В этом контексте член-корреспондент АН СССР Г. М. Бонгард-Левин провел глубокий и тонкий анализ одного из интереснейших документов позднеантичной эпохи — сочинения «О жизни брахманов», принадлежавшего перу Палладия (вторая половина IV в. н. э.). Ученый приходит к заключению, что хотя сочинение Палладия в целом и не может рассматриваться в качестве абсолютно достоверного источника в изложении религиозных и философских традиций Древней Индии, тем не менее само это произведение имеет исключительно важное значение для понимания общей направленности традиционных для Европы представлений античной эпохи об «индийской мудрости», с одной стороны, а с другой — тех нововведений, которые стали проникать в эти традиционные представления на заре распространения христианства.

С другой стороны, на противоположном конце ареала этих культурных контактов последствия их получают иное преломление и осмысление. Так, в Средней Азии и в районе Пенджаба глубинные последствия процессов, обусловленных эллинистическим воздействием на местные культурные традиции, кристаллизуются в проявлениях повышенного и возрастающего интереса к человеческой личности, что получает особенно наглядное отображение в изобразительном искусстве. Появляются новые стилистические особенности: экспрессивность как выражение характера или психологических качеств и состояний персонажа, портрет в качестве лучшего средства выявления и воплощения сокровенных глубин человеческого «я». Существенно новым явлением, в сравнении с традициями древневосточного искусства, стала здесь передача с помощью средств изобразительного искусства расовых и этнических особенностей представителей разных народов, внешних подробностей и деталей их культуры и быта. Все это обусловило новый уровень развития искусства Среднеазиатско-Пенджабского региона и сопредельных областей.

Итак, к каким бы пластам культурного наследия Востока — сравнительно близким к нам или удаленным на многие тысячелетия — ни обращались современные исследователи, всюду речь идет об ограниченности печально известного прямолинейного афоризма: «Запад есть Запад, Восток есть Восток, и вместе им не сойтись». Напротив, традиции человечества глубоко едины. Культурное наследие Востока — ярчайшее тому подтверждение.

Уникальные находки

Судьба этих памятников не совсем обычна. Один из них был надгробием, другой — частью монументального здания; созданы были они в IV в. до н. э. Но на рубеже I в. до н. э. и I в. н. э. оба оказались на месте строившейся сельскохозяйственной усадьбы (потом и она была разрушена; теперь там просто поле). Эти памятники, которые сегодня мы рассматриваем как образцы высокого искусства, строители усадьбы использовали в качестве простых камней. Они были перевернуты рельефом вниз, в землю, и служили один — ступенью, а другой — частью каменного настила. Как ни парадоксально, но именно такое «невежливое» обращение сохранило им жизнь, именно это спасло их от дальнейшего повреждения или полного уничтожения.

Так случилось, что первые «раскопки» на этом поле начал плуг. В ноябре 1982 г. тракторист А. Н. Завгородний из совхоза «Юбилейный» (Темрюкский район Краснодарского края) нашел здесь удивительную мраморную плиту высотой 1,5 м. Именно она оказалась первым «пробным камнем» начинающейся истории раскопок «Юбилейного». Это был надгробный рельеф третьей четверти IV в. до н. э. греческой работы: обнаженный юноша со щитом и плащом за спиной изображен в наступательной позе. Рельеф этот хранится в Таманском музее.

Летом 1983 г. здесь начал планомерные археологические исследования Государственный музей изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Велись они методом послойного изучения: культурный слой поселения раскапывается на уровне одного строительного периода на широких площадях, что создает возможность более быстрого его «прочтения». Такой вариант раскопок облегчался и расположением объекта вдали от населенного пункта.

Тот строительный период, который исследовался на протяжении сезонов 1983—1985 гг., соответствует времени сооружения в I в. до н. э. упомянутой сельскохозяйственной усадьбы. Она, как и вся Тамань и восточная часть Крыма, в древности (с V в. до н. э.) входила в состав Боспорского государства, центр которого — Пантикапей — находился на территории современной Керчи. С историей Боспорского государства была связана и жизнь усадьбы «Юбилейное-I».

Сейчас еще рано говорить, кто основал ее, к какому полису относились эти земли, почему она была построена именно здесь, как и отчего прекратила свое существование. Решение этих вопросов во многом зависит от результатов изучения всего района, на котором разведками выявлены и другие «пятна» поселений: «Юбилейное-II,III,IV».

От усадьбы на поселении «Юбилейное-I» сохранилось немного: фундамент шириной 2 м, местами — каменный цоколь высотой 0,8 м и археологические детали, позволяющие достаточно полно воссоздать и общий облик постройки и способ ее сооружения.

По фундаменту восстанавливается план усадьбы. В ней были три части: одна большая, вытянутая, мощенная крупными плоскими плитами (по всей вероятности, двор), и два помещения поменьше; судя по находкам светильников и фрагментов простой керамики, они были жилыми. Помещения сообщались между собой: найдены следы дверных проемов.

Ширина кладки фундамента говорит о том, что он вполне мог выдержать высоту стен до двух-трех этажей, тем более что материал этих стен был достаточно легким: на каменный цоколь высотой около 0,8 м клали полуобожженный кирпич с примесью соломы (фрагменты его сохранились).

Материал, из которого были выложены фундамент и цоколь усадьбы, имеет одну особенность, весьма привлекательную для археологов. Почти весь он использовался вторично. Это значит, что в новых кладках строители применяли камень, уже обработанный ранее и в свое время служивший другим целям.

Установлено, что до начала строительства была подготовлена площадка размером более 300 кв. м. Затем на ней, вероятно, по шнуру был размечен план будущего здания. По этой разметке были уложены камни фундамента стен — мелкий необработанный известняк, среди которого часто встречались архитектурные и скульптурные фрагменты, специально разбитые до нужных размеров. То, что они разбивались на месте, доказано: детали одного памятника были найдены в кладках разных стен. На фундамент клали цоколь, составленный преимущественно из архитектурных фрагментов других зданий, а на цоколе возводилась уже сама стена. Постройку венчала крыша из керамической черепицы. Вне всякого сомнения, поверхность стен была закрыта — или оштукатурена, или обмазана глиной. Разнородный материал, заложенный в цоколь, снаружи не был виден.

Судя по всему, фрагменты архитектуры и скульптуры, использованные при строительстве усадьбы (большей частью из керченского известняка), привезли одновременно и из одного

Рис. 1. Фундамент сельскохозяйственной усадьбы I в. до н. э. на поселении «Юбилейное-I» (Темрюкский район Краснодарского края), где ведет раскопки археологическая экспедиция Государственного музея изобразительных искусств имени А. С. Пушкина. Местами на фундаменте сохранился каменный цоколь высотой 80 см

места. Размеры, пропорции и некоторые характерные особенности этих фрагментов свидетельствуют о том, что все они первоначально относились к одному сооружению, созданному в конце IV — начале III в. до н. э. Сооружение, хотя и не очень большое, было монументальным. Это мог быть памятник типа героона — святилища в честь героя. Здание было построено в ионийском ордере и имело фриз, тоже известняковый, который располагался, по всей вероятности, на уровне глаз зрителей.

Фрагмент фриза, составленный из трех кусков, показан на фото. Главная тема изображения — битва, в дошедшем до нас фрагменте в сцену сражения включено пять персонажей. На переднем плане показана схватка конного и пешего (скорее всего, упавшего на колени) воинов; конный схватил пешего за волосы и занес меч. Дальше — стоящий пеший воин пронзает конного, который падает с лошади. Пятый персонаж этой сцены дан выше поверженного воина, от его фигуры сохранилась лишь часть.

Пока еще вопрос о том, что за сцена изображена на этом рельефе, кто сражается, кто победитель, остается открытым. Существует мнение, что это амазономахия — битва греков и амазонок.

Иными словами, можно (хотя бы предположительно) говорить о греческой основе сюжета рельефа. Но композиция и детали свидетельствуют о его местном происхождении. Так, греческий мастер передал бы этот сюжет в свойственной ему повествовательной манере, выстроив персонажи в одном горизонте, чередуя один эпизод боя за другим, последовательно раскрывая картину битвы. Мастер же этого рельефа соединил отдельные сцены, как бы совместив их в одном фокусе, расположив персонажи в несколько ярусов. Так получилась необыкновенно насыщенная людьми и событиями сцена, настоящий «клубок».

Детали изображения — такие, как костюмы сражающихся, их вооружение, прически, — также имеют явно негреческий характер. Но особенно очевиден он в том, что у морды лошади первого всадника изображены две отрубленные и подвешенные к коню головы — знак особой воинской доблести у варваров.

Уникальность этого рельефа трудно переоценить. Перед нами, можно думать, наиболее ранняя из найденных доныне работ боспорских скульпторов, причем мастеров хорошей школы, — оригинальное произведение, стоящее совершенно особняком в кругу известной сегодня античной скульптуры.

Три части рельефа, обнаруженные в 1983 г. среди плит мощеного подхода к усадьбе, лежали вперемешку с другими камнями. В течение того же 1983 г. и двух последующих лет в кладках усадьбы были обнаружены и другие фрагменты этого рельефа.

В 1985 г. при раскопках усадьбы был найден еще один рельеф — мраморный. Эта находка — событие в нашей науке. Рельеф поражает и своими размерами (высота около 1,9 м), и весом (более 600 кг), и прекрасной сохранностью. На нем представлены два воина, оба вооруженные, в коринфских шлемах. Они обращены лицом друг к другу, один — молодой, другой — средних лет, с бородой. Необычайна одухотворенность образов этой стелы. Она принадлежит к высоким достижениям греческой мемориальной пластики периода поздней классики.

Как и первая, «случайная» находка 1982 г. — это тоже надгробие, оно сделано аттическим мастером в третьей четверти IV в. до н. э. Судя по креплению в верхней части плиты и тому, как показана правая рука бородатого воина, это надгробие было заключено в архитектурное обрамление — эдикулу (нишу с колоннами) и стояло на высоком постаменте. В усадьбе же оно использо-

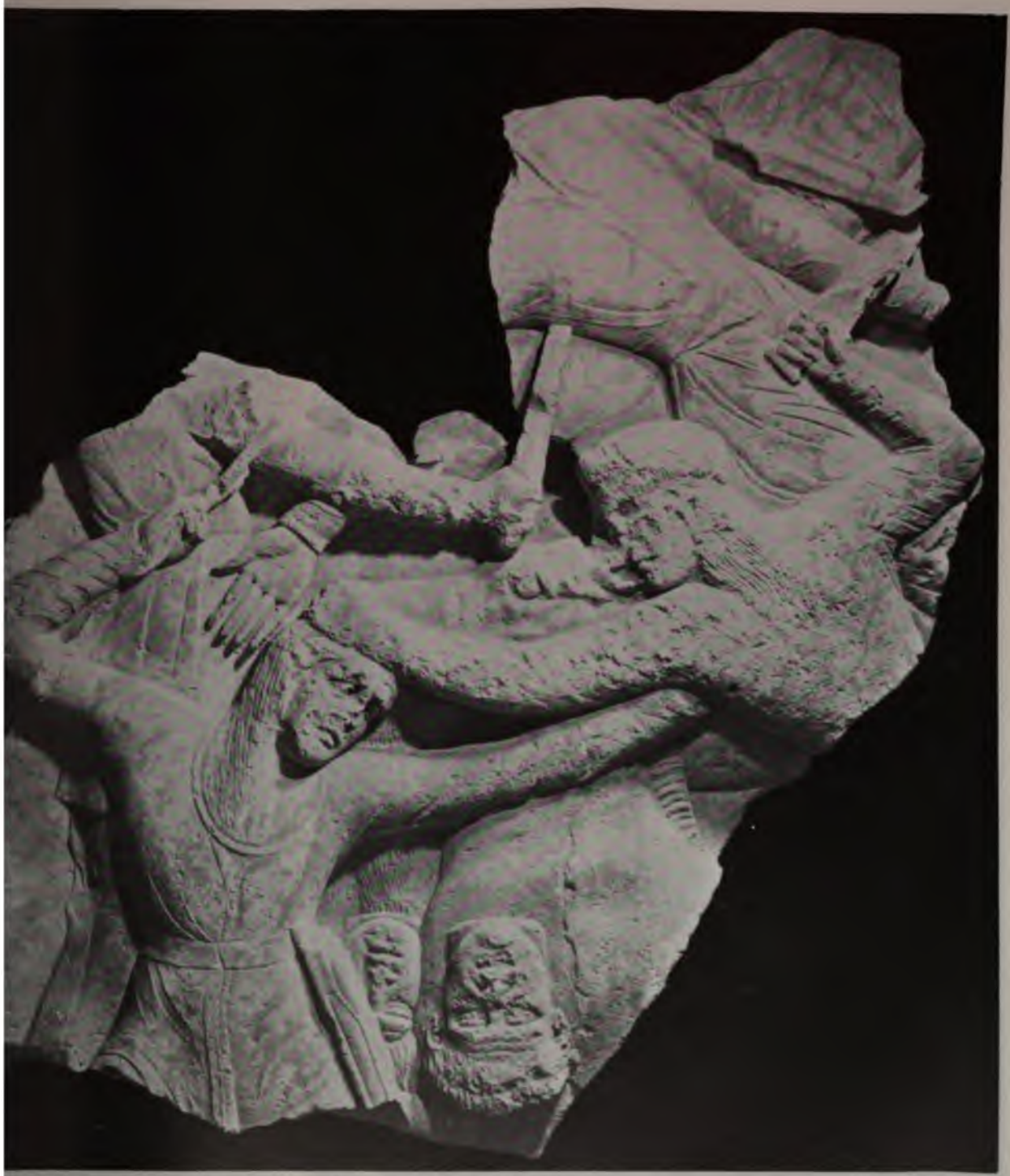
СТО ЛЕТ НАЗАД

ФРАНЦИЯ. Член Парижской академии наук Г. Марей нашел, что когда человек идет под такт известной музыки, то протяжение его шага возрастает значительно и доходит до максимума, равного 75 полным шагам в минуту. При ускорении такта протяжение шага сокращается. Скорость шага увеличивается с увеличением такта до максимума, равного 85 шагам в минуту; скорость затем уменьшается, если музыка еще ускоряется. В беге, напротив того, протяжение шага возрастает по мере ускорения такта, что же касается быстроты движения, то она возрастает неопределенно, вместе с увеличением быстроты такта и достигает почти 10 метров в секунду.

«День»

США. В американских газетах сообщают, что один известный техник в Вашингтоне изобрел небольшой инструмент, которому он дал название «бакинг». Этот инструмент имеет очень удобную форму и легко помещается во рту. Если сквозь него пропускать голос, то последний получает необыкновенно приятный, мягкий звук, независимо от свойств самого голоса. Дальнейшее усовершенствование, к которому стремится изобретатель, заключается в том, чтобы при помощи его достигать постановки голоса октавой выше, благодаря чему число теноров получит, вероятно, значительное приращение из рядов баритонов.

«Нива»



*Фрагмент известнякового фриза, который украшал какое-то монумен-
здание. Предполагается, что на нем изображена битва греков с амазонка-
возможно, тема иная, так как на участниках сражения — негреческие костю-
рически, вооружение — все имеет негреческий характер. О том же гово-
другие детали, в частности гривна — украшение и вместе с тем символ
— на груди у центральной фигуры. Это совершенно оригинальное
здение, не имеющее прямых аналогий в античном искусстве, было создано
ским скульптором в конце IV — начале III в. до н. э. А 300 лет спустя кус-
ого фриза, перевернув их рельефом вниз, вперемешку с другими камнями,
и дорогу к усадьбе. Три куска показанного здесь фрагмента были най-
ее территории*

Рис. 3. Мраморное надгробие, на котором представлены два воина в коринфских шлемах, — один из высоких образцов греческой мемориальной пластики периода поздней классики (IV в. до н. э.). На усадьбе оно служило плитой-ступенью, ведущей со двора в помещение. Плита лежала рельефом вниз — в землю, благодаря чему и сохранилась. Рядом — фрагменты этого памятника

лось в качестве плиты-ступени, ведущей со двора в помещение. Плита лежала, как уже сказано, перевернутой рельефом вниз, благодаря чему и сохранилась.

Такие находки в Северном Причерноморье (да и за его пределами) — большая редкость.

Кому было поставлено это надгробие, где был некрополь, на котором оно стояло, — пока остается загадкой. Можно лишь предполагать, что место его расположения было не очень далеко от усадьбы.

Метрология в археологии Судана

В ежегоднике «Наука и человечество. 1982» была опубликована статья «Древний чертеж пирамиды» (с. 376—379) о работах по реконструкции королевских пирамид Мероэ, начатых в 1976—1977 гг. суданским департаментом древностей при научной и технической помощи Центрального института древней истории и археологии Академии наук ГДР под руководством архитектора Ф. В. Хинкеля (Hinkel). Уже на первом этапе этих работ были получены ценные сведения об искусстве древних архитекторов, о конструкциях и технологии строительства. Исследования продолжаются, и не только пирамид, но и других сооружений Египта и Северного Судана. Выполненные Ф. В. Хинкелем обмеры помогли ему достоверно определить модульные соотношения, положенные в основу композиции монументальных произведений древнего зодчества, и точно вычислить высоты утраченных частей памятников.

Древняя архитектура — своеобразный документ, переживший века, отражающий историю общества, в котором она создавалась. И если материал, который использовался при строительстве, способы его обработки, а также инструменты во многих случаях могут быть выявлены по археологическим данным, то весьма редко встречаются сведения о мерах измерения. Это не позволяет исследовать лежащие в основе постройки принципы планировки.

Архитектура без измерений немыслима. Одна из древнейших и известнейших систем измерения — древнеегипетский локоть и его подразделения. Между этим первым эталоном и используемыми сегодня системами мер лежат бесчисленные метрологические установления, имеющие не только временной, но и географический характер.

Северный Судан — область, где между пятым и шестым порогами Нила во второй половине VI в. до н. э. — IV в. н. э. располагалось Мероитское царство. Многие столетия оно находилось под влиянием Египта эпохи фараонов, позже — эпохи Птолемеев и римлян. Сооруженные храмы, дворцы, городская застройка и пирамиды определили легендарную славу «царства на юге».

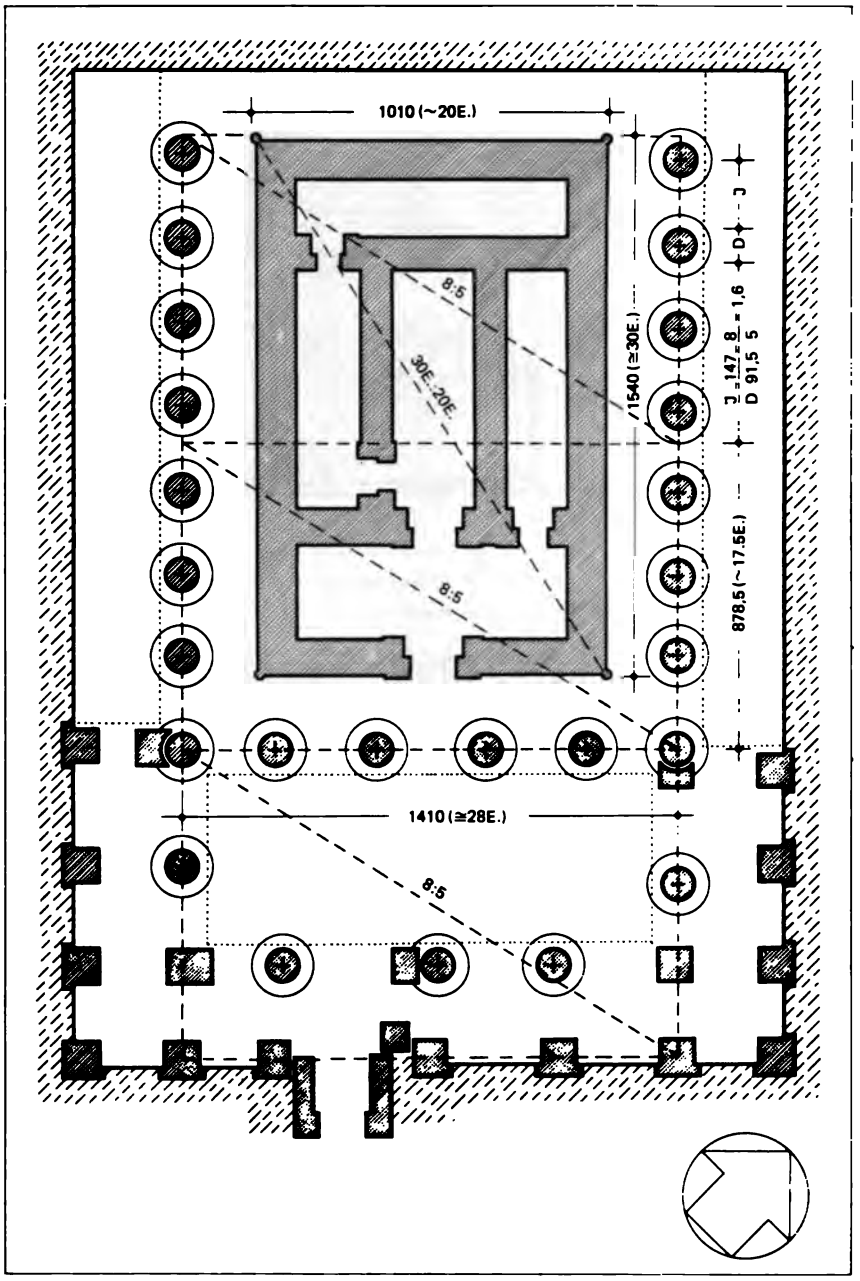


Рис. 1. План храма Хоруса в Бухене, построенного царицей Хатшепсут и фараоном Тутмосом III (18-я династия). E (от нем. Elle) — египетский локоть, равный 52,5 см. На всех рисунках к этой статье абсолютные размеры даны в сантиметрах

Изучение большого количества храмов, киосков, святилищ, пирамид и жертвенных капелл мероитского времени дает возможность заключить, что только часть их имеет в основе системы единиц измерения древнеегипетский локоть (52.5 см).

В эскизе и плане некоторых мероитских культовых сооружений выявляются новые закономерности. Эти нововведения, не соответствующие системе локтя, датируются в основном временем позже IV в. до н. э. Точная датировка возможна лишь в редких случаях на основе археологических, иконографических или эпиграфических данных.

Признанный авторитет в области строительного производства, строительных материалов, строительной техники и архитектуры своего времени, римский архитектор и инженер Витрувий (I в. до н. э.) в знаменитом труде «Десять книг об архитектуре» пишет о

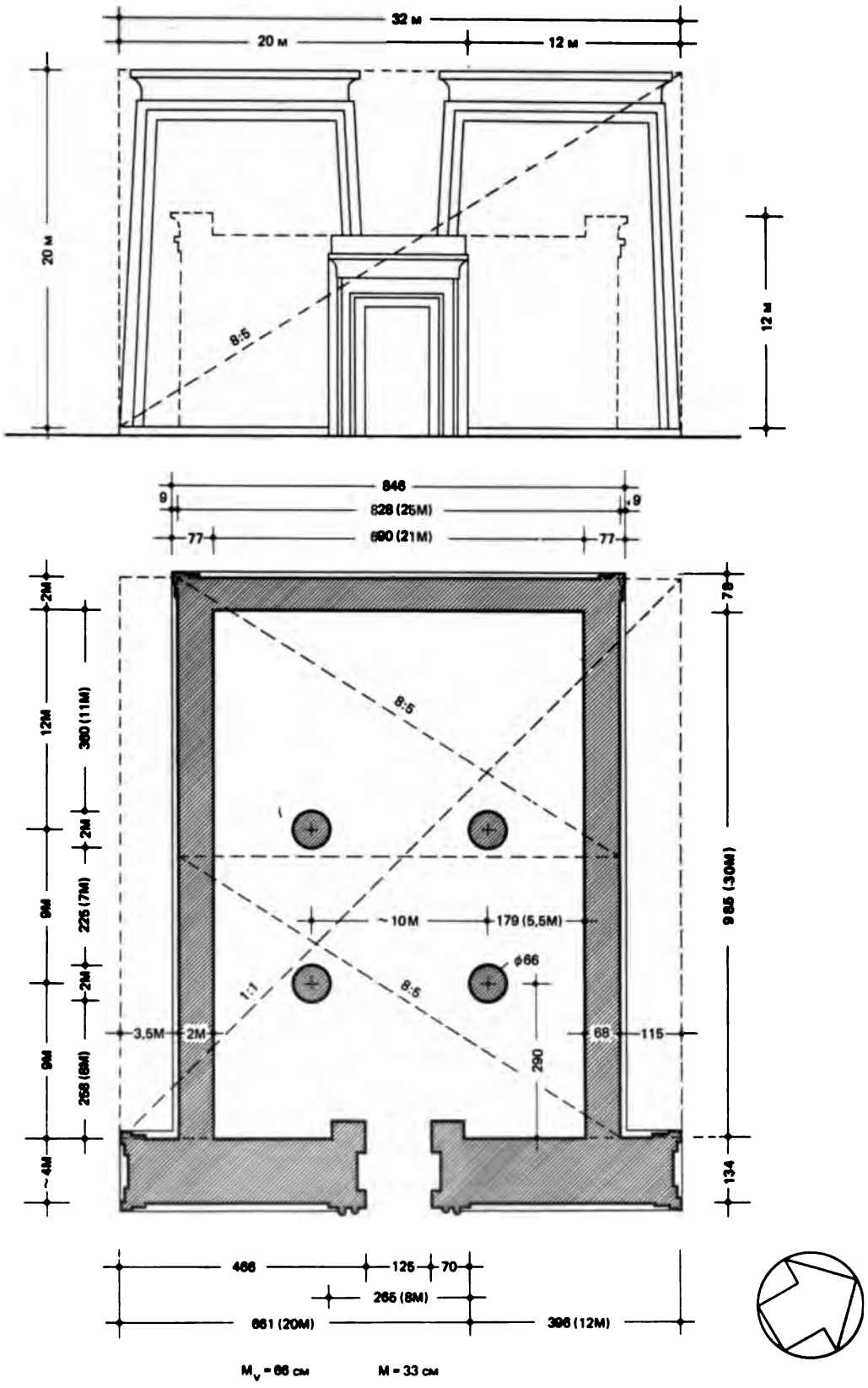
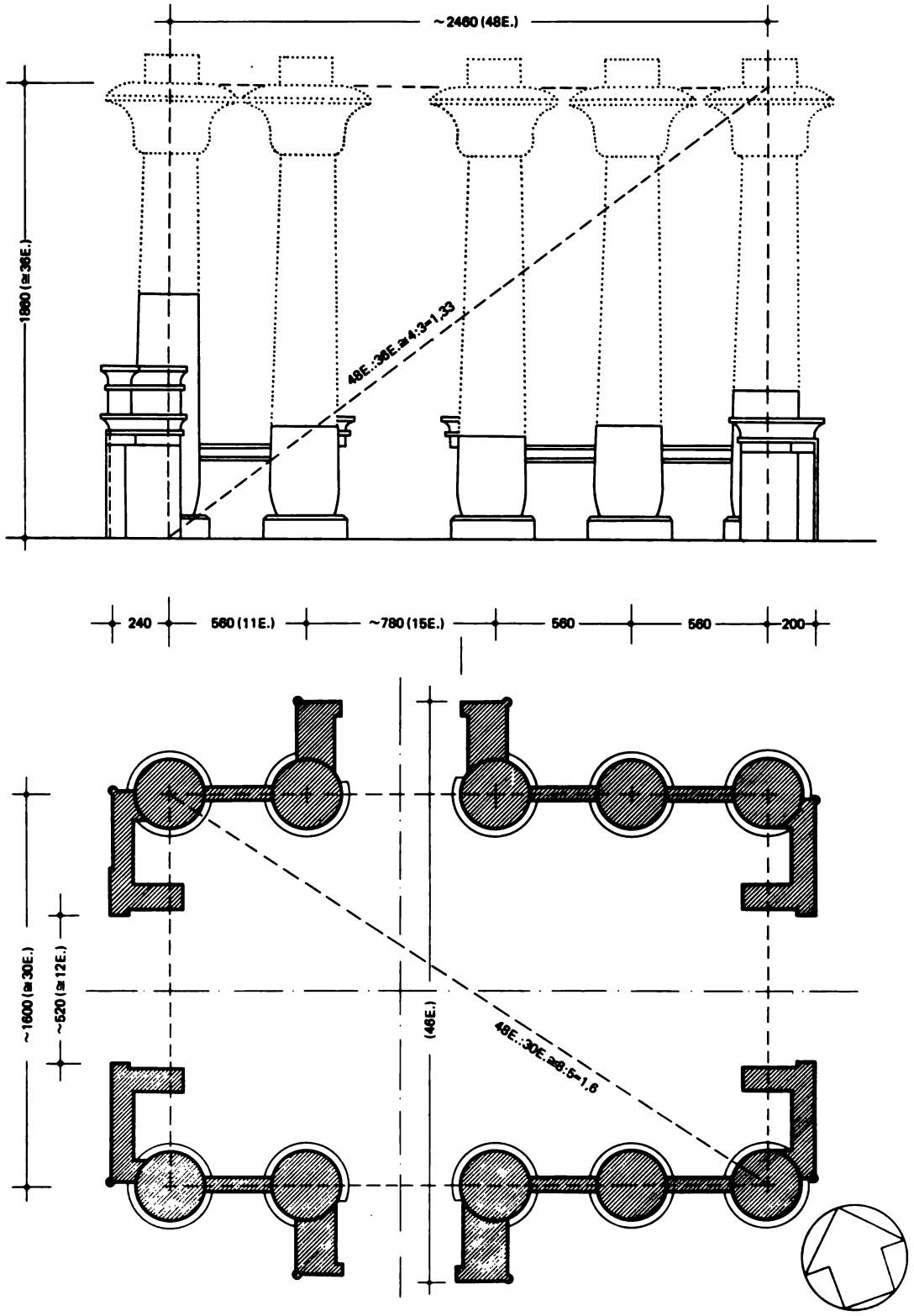


Рис. 2. План и фасад киоска фараона Тахарки (25-я династия), в праздничном дворе большого храма Амона в Карнаке


~2460 (48E.)
1860 (≅ 36E.)
48E.:36E. ≅ 4,3=1,33
240
560 (11E.)
~780 (15E.)
560
560
200
~1600 (≅ 30E.)
~520 (≅ 12E.)
(46E.)
48E.:30E. ≅ 8:5=1,6

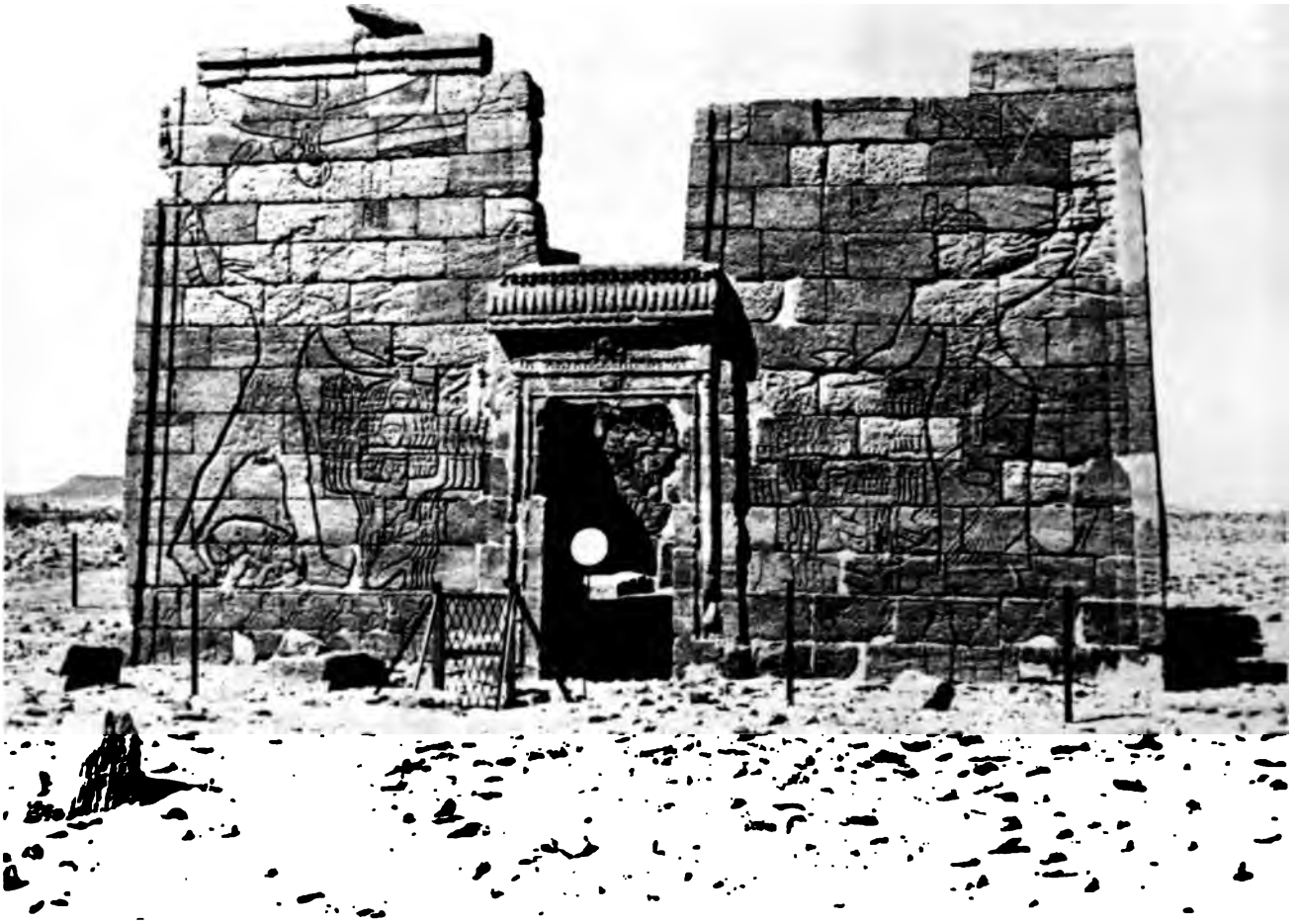


Рис. 3. План и фасад пилона Львиного храма в Накве, построенного царем Натакамани и царицей Аманитора (около 0—20 гг. н. э.). — см. с. 373

Рис. 4. Пилон Львиного храма в Накве (дистрикт Шенди, республика Судан)

пропорциях и размере: «Придание формы храму касается симметрии, законов которой архитекторы должны неукоснительно придерживаться. Однако она происходит из пропорций, называемых греками аналогиями. Пропорция предполагает, что в основе составных частей всего здания и его как целого лежит вычисленная часть (модуль) как единая мера. Отсюда происходит система симметрий. Как никакой храм без симметрии и пропорций не может иметь целесообразной формы, так и его части не будут находиться в определенном сочетании, как части соразмерного человека».

Витрувий исходил из того, что для измерений, которые необходимы при всех строительных работах, следует заимствовать соотношения частей человеческого тела и что эта мера — «совершенное» число *(perfectus numerus)*, которое греки называли *teleon*, — равнялось 10.

В противоположность этому тот же Витрувий пишет, что математики утверждали: число 6 «совершенно». Оно соответствует счетной системе и является «совершенным» потому, что шаг человека — шестая часть его роста, так же как и локоть состоит из шести (размеров ширины) ладоней. В то время как греческие государства свою монету драхму разделяли на шесть медных оболов, в Риме динарий состоял из десяти медных ассов.

Следует при этом отметить, что оба числа, 6 и 10, выглядят «совершенными» и посредством сложения составляют 16 — «совершеннейшее» число (perfectissimus numerus).

Находим мы у Витрувия и описание подготовки к закладке храма. Основным при всех формах храма является фасад и способ постановки колонн. Исходным пунктом для всех измерений постройки в целом является колонна как очевидный тектонический основной элемент. Ее нижний диаметр должен представлять собой единственный модуль, являющийся основной мерой измерения*.

Часть исследованных мероитских зданий имеет, как уже сказано, в основе египетский локоть, а часть — спланированы и возведены при помощи индивидуально созданного модуля.

Примером египетского храмового планирования служит храм бога Хоруса в Бухене (рис. 1). Его постройка производилась при двух правителях. Храм с пятью залами и огибающим их с трех сторон узким проходом (перидромосом) относится ко времени правления царицы Хатшепсут (1525—1503 гг. до н. э.). В основе первоначального плана этой части здания лежат расположенные поочередно прямоугольники размером ~28×17,5 локтя. Каждый из этих прямоугольников имеет гармоничную

* Для определения модуля Витрувием описаны два варианта. Используется нижний диаметр колонны (здесь обозначенный через MV) с дальнейшим делением на 60 частей, а также половина нижнего диаметра колонны (здесь обозначенная через M) с дальнейшим делением на 30 частей.

пропорцию 8:5*. Собственно храм, имеющий основой локоть, в целочисленном соотношении достигает пропорции 3:2 (30:20 локтей). Соотношение 8:5 имеется в пропорции между интерколумниями** и диаметром колонны в длинных рядах периптера*** (I:D=8:5).

Наследник царицы Хатшепсут Тутмос III (1525—1473 гг. до н. э.), бывший фараоном и во время ее правления, поместил перед постройкой Хатшепсут праздничный двор с входом. Параметры этого двора вместе с внешней частью перистиля**** также показывают гармоничную пропорцию 8:5, и его прямоугольник соответствует каждому из обоих прямоугольников основы здания Хатшепсут.

Следующий пример египетского храмового планирования — киоск фараона Тахарки (690—667 гг. до н. э.), 25-я династия. Памятник находится на праздничном дворе большого храма Амона в Карнаке (рис. 2), в Верхнем Египте. Это наиболее крупный и известный киоск в Египте. Его параметры: 48 и 30 локтей в пропорции 8:5. Фасады развертываются стабильно в целочисленных кратных локтя. Исходя из этого, а также учитывая то, что в своих мерных связях киоск Тахарки во всей полноте отражает древнеегипетские идеи планировки и принципы симметрии, можно утверждать: боковые фасады имели пропорции 4:3 (48 и 36 локтей), а торцовые — 6:5 (36 и 30 локтей).

Храм с одним помещением из Наквы (рис. 3, 4), лежащий в 150 км к северо-востоку от Хартума, сооружен царем Натакамани и царицей Аманиторе (около 0—20 гг. н. э.) и был посвящен Львиному богу Аладемаку.

При проверке его параметров отмечено, что здесь уже использован индивидуальный модуль, отличающийся от локтя. Этот модуль (MV) соответствует нижнему диаметру колонн внутреннего зала — 66 см, а при пересчете на половину диаметра колонны модуль (M) равен 33 см. Два лежащих поочередно прямоугольника с пропорцией в каждом случае около 8:5 определяют первоначальное помещение, перед которым поставлен пилон. Этот пилон имеет ширину в 16 модулей (MV) и высоту в 10 модулей (MV). Фасад пилона представляет при этом равным образом гармоничную пропорцию. При этом модуль (MV) своей шириной повторяет «совершеннейшее» число — 16, которое составляется из чисел 6 и 10. «Совершенные» числа будут представлены далее посредством высоты пилона (10 MV=20 м) и высоты боковой стены храмового пространства (6 MV=12 м).

Принцип отраженного в плане модуля понятен, однако, и без «содержащих меру» колонн. Примером может служить одна из пирамид Мероитского царства — Баркал-5. Она относится по всем признакам к I в. до н. э. (рис. 5). Ее владелец неизвестен. Это одна из восьми синхронных пирамид, которые стоят у священной горы Джебель Баркал, ниже четвертого порога Нила, у современного г. Карима. Пирамида и расположенная к югу от нее жертвенная капелла были построены, согласно данным строительных конструкций, последовательно, в два этапа. Это наблюдение вытекает из метрологического исследования, которое выявило для пирамиды и жертвенной капеллы различные модули.

Параметры пирамиды стабильно базируются на MV=32,5 см. Так, например, идеальная высота пирамиды почти точно состоит из 48 MV, стороны плоскостей основания — из 36 MV и высота нижней лестничной части фасада — из 30 MV. Высота связана с нижней, лестничной частью в гармоничной пропорции 8:5. Комплекс трех показательных параметров, т. е. идеальная высота, линия фундамента и декоративная нижняя часть фасада, дает пропорцию 8:6:5.

Для постройки жертвенной капеллы перед пирамидой в основу лег модуль 31 см. Линия ее основания вписана в квадрат со сторонами из 16 MV. Это «совершеннейшее» число у пилона разделено в отношении 10 MVк 6 MV.

Длина помещения (11MV), его ширина (6 MV), толщина стен (3MV) и выступ пилона (3MV) состоят из модулируемых величин. Реконструкция высоты сильно разрушенного пилона представлена на рис. 5 и состоит из последовательно расположенных прямоугольников в пропорции 8:5 (высота дверного проема 6 MV).

Последний пример показывает возможность выяснения различных строительных этапов, дополнений и перестроек.

К настоящему времени исследовано около 30 египетских и мероитских храмов, 20 киосков и эдикул*, 30 пирамид и жертвенных капелл, а также редкие остатки домов и дворцов. В целом можно заключить, что метрологические исследования могут помочь при: 1) датировке построек в их исторической взаимосвязи или даже во временной последовательности внутри соответствующих групп; 2) выявлении строительных дополнений, расширений и перестроек позднейших времен; 3) определении первоначального состояния значительно разрушенных построек при необходимости графической или практической реконструкции отсутствующих деталей.

---

* Соотношение 8:5 вытекает из принципа постоянного деления и объясняет связь членов арифметической прогрессии — ситуационный ряд Фитонацци. При этом следующий член ряда составляется из суммы двух предыдущих членов, например 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 и т. д. В то время как связь 8:5 имеет фактор 1, 6, при большой величине связь двух расположенных рядом чисел ряда приближается к фактору пропорции «золотого сечения» (γ = 1,618), например, 89 : 55 = 1, 618.

** Интерколумний (от лат. *inter* — между и *columna* — колонна) — пролет между рядом стоящими колоннами в ордерной архитектуре. — *Ред.*

*** *Периптер — основной тип древнегреческого храма периодов архаики и классики: прямоугольное в плане здание, обрамленное колоннадой. — Ред.*

**** Перистиль — прямоугольный двор, сад, площадь, окруженные с четырех сторон крытой колоннадой. — *Ред.*

* Эдикула (лат. *aedicula*) — в античной архитектуре ниша, обрамленная колоннами или пилястрами, опирающимися на подножие. В эдикулы ставились статуи богов. Эдикулами также назывались небольшие эллинистические и древнеримские культовые здания. — *Ред.*

СТО ЛЕТ НАЗАД

ЛОНДОН. Древнейший на земле кусок железа хранится как драгоценнейшая редкость в собрании Британского музея в Лондоне. Это небольшой брусок в 24,4 см длины и 11 см ширины, с краев сильно изъеденный ржавчиной. Его нашли в большой пирамиде Хеопса, где брусок пролежал не менее 4900 лет. Сделан он из так называемого мягкого кузнечного железа.

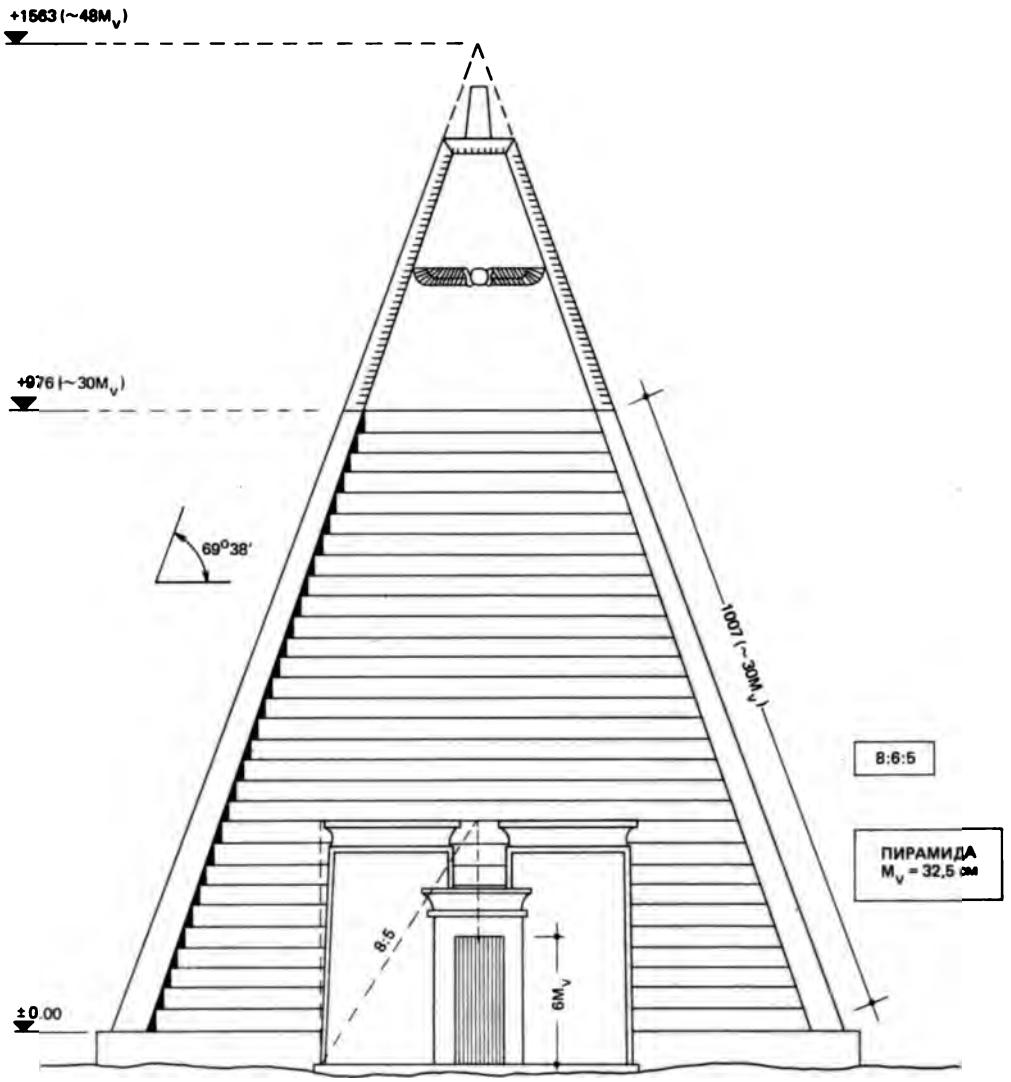
«Нива»

БЕРЛИН. Электрическая кухня. Немецкое эдисоновское товарищество в Берлине пустило в продажу особый аппарат, который варит быстро и, кроме того, отличается удобством и изяществом вида. Источником тепла служит электрический ток, пропускаемый по спиральной проволоке, помещенной между двойными стенками аппарата. Проволока при этом сильно накаливается и дает большой жар.

«Техник»

ШВЕЙЦАРИЯ. Металлическое гнездо. В одном из швейцарских естественных музеев находится металлическое гнездо, свитое из проволоки и поражающее своей странностью и оригинальностью. Гнездо это сработано парой трясогузок, поселившихся вблизи одной часовой фабрики и утилизовавших проволоку и спирали, выкинутые с фабрики как негодные. Проволока, из которой свито гнездо, имеет 5 миллиметров в толщину и 12 сантиметров в длину.

«Вокруг света»


+1563 (~48M$_v$)
+976 (~30M$_v$)
69°38'
1007 (~30M$_v$)
8:6:5
ПИРАМИДА
M$_v$ = 32,5 см
8,5
6M$_v$
±0,00

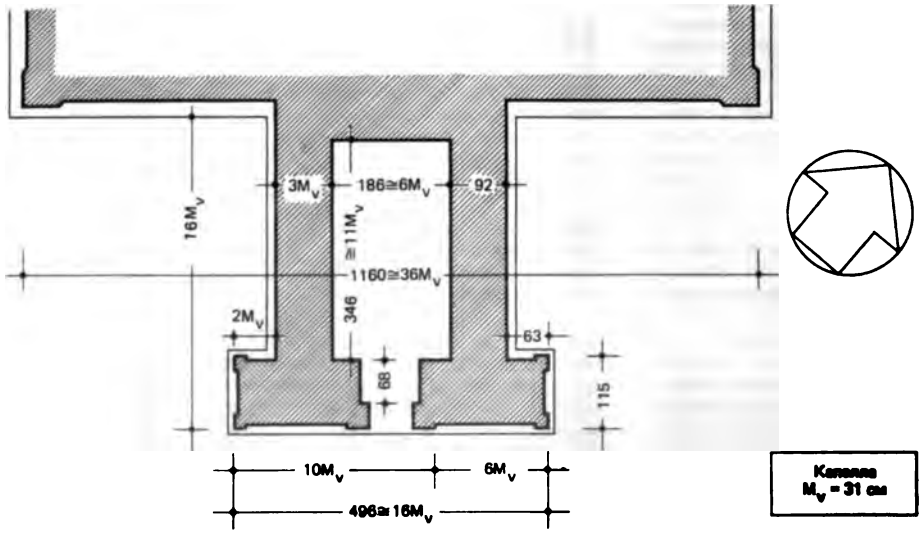

3M$_v$
186≅6M$_v$
92
16M$_v$
≅11M$_v$
1160≅36M$_v$
2M$_v$
346
63
68
115
10M$_v$
6M$_v$
496≅16M$_v$
Капелла
M$_v$ = 31 см

Рис. 5. Пирамида Баркал-5, построенная в I в. до н. э., и план жертвенной капеллы

Метрология как историческая вспомогательная дисциплина начинает занимать в археологии Судана важное место при оценке и классификации построек.

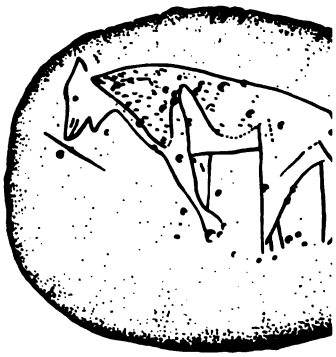
О происхождении палеолитического искусства

История открытия и изучения палеолитического искусства насчитывает немало драматических страниц. Достаточно вспомнить, какие сомнения и споры возникали по поводу пещерных картинных галерей, которые, как теперь твердо установлено, были созданы в эпоху верхнего палеолита (40 — 12 тыс. лет назад). Однако было время, когда ученые не допускали мысли, что верхнепалеолитический человек — кроманьонец — мог подняться до создания анималистического пещерного искусства, поскольку отрицали возможность эстетической деятельности „троглодита" вообще. Поэтому в 1880 г. на антрополого-археологическом конгрессе в Лиссабоне всемирно известные сейчас росписи в пещере Альтамира (Altamira, Испания) были объявлены подделкой. В наше время о возрасте палеолитического искусства не спорят, его уточняют. Но вопрос о причинах возникновения и генезисе палеолитического искусства остается. Ему и посвящена книга доктора исторических наук, профессора А. Д. Столяра «Происхождение изобразительного искусства», вышедшая в 1985 г. в издательстве «Искусство».

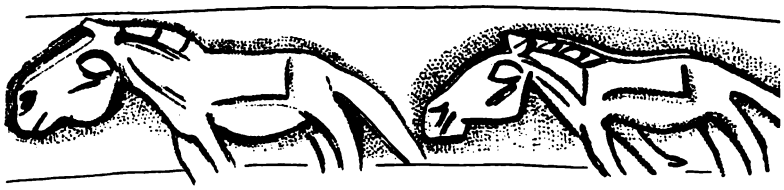
К проблеме происхождения искусства обращалась еще античная философия, но особенно важным оказалось ее разрешение после открытия сначала палеолитического творчества малых форм, а затем пещерных анималистических ансамблей. К 20-м годам XX в. были выдвинуты три археологические гипотезы, призванные объяснить возникновение палеолитического искусства, — гипотезы «макарон», «руки» и «простого этапа».

«Макаронами» в палеолитоведении принято называть рисунки из параллельных линий, прочерченных пальцами или зубчатым инструментом по глине или скальной поверхности. В этих рисунках, вначале нанесенных скорее всего случайно, ряд исследователей видит истоки наиболее ранних контурных изображений зверя. Основоположник гипотезы «макарон» известный французский ученый А. Брейль (Breuil) и его последователи полагали, что сюжетное искусство родилось из игры, а затем было повторено уже осознанно. А. Д Столяр, следуя за советскими исследователями А. А. Миллером и А. С. Гущиным, обращает внимание на несостоятельность этой теории, предполагающей изначальную подготовленность неоантропа к восприятию и воспроизведению обобщенного образа зверя, а следовательно, уже подготовленное творческое мышление.

Гипотеза «руки» сводится к предположению, что древнейшими изображениями были позитивные и негативные отпечатки рук. Позитивными называют отпечатки рук, сделанные красной или черной краской. Негативные отпечатки выполнялись кроманьонцем в технике трафарета, когда рука обводилась по контуру или размещалась в пятне краски. Французские исследователи Г. Люке (Luquet) и Л.-Р. Нужье (Nougier) полагают, что древнейшими были именно позитивные отпечатки руки, подражающие следу зверя. Однако сразу было ясно, что из этого цикла рисунков нельзя вывести изображение зверя, иными словами, нельзя понять возникновение анималистического искусства верхнего палеолита. К тому же изображения рук, как отмечает А. Д. Столяр, нередко вхо-



Волк. Гравировка на гальке из пещ Полезини (Polezini около Тиволи, И



Лошади. Гравировка на «жезле начальника» из района Лез Эйзи (Les Eyzies)

дят в общие композиции с ранними контурными изображениями зверей и группами красных пятен, поэтому они не могли быть древнейшими.

Гипотеза «простого этапа» высказана Буше де Пертом (Boucher de Perthes). Он считал, что изобразительная деятельность человека началась с подражания природе. Время от времени кроманьонец подбирал камни, похожие на зоо- и антропоморфные фигуры, затем научился подправлять их.

Опровергая все три гипотезы, А. Д. Столяр опирается на большой фактический материал, который исследует историко-археологическим методом. В результате автором предложена оригинальная гипотеза происхождения палеолитического искусства, не имеющая аналогов в мировой литературе.

Главной темой верхнепалеолитического или ледникового искусства был анимализм, что связано с охотой как основой существования древнего общества. Неоантроп не умел рисовать, свободно выбирая сюжет; все его искусство имело охотничью природу. К начальным фазам верхнего палеолита А. Д. Столяр относит контурные профильные изображения зверей простой и строгой формы, которые являются прототипами всего наскального искусства. Этим изображениям раннего ориньяка (от названия пещеры *Aurignac* во Франции) должно было предшествовать, по мнению автора, развитие каких-то изобразительных действий, которые происходили по крайней мере в конце нижнего палеолита, в эпоху мустье (от пещеры *Le Moustier*). Он намечает три

«Стражи» (высота верхней фигуры 37 см). Гравировка в пещере Тюк д'Одубер (Арьеж, Франция)

этапа в развитии доискусства — «натуральное творчество», «натуральный макет» и «глиняный период», приходящиеся на конец нижнего палеолита и начальную стадию верхнего палеолита.

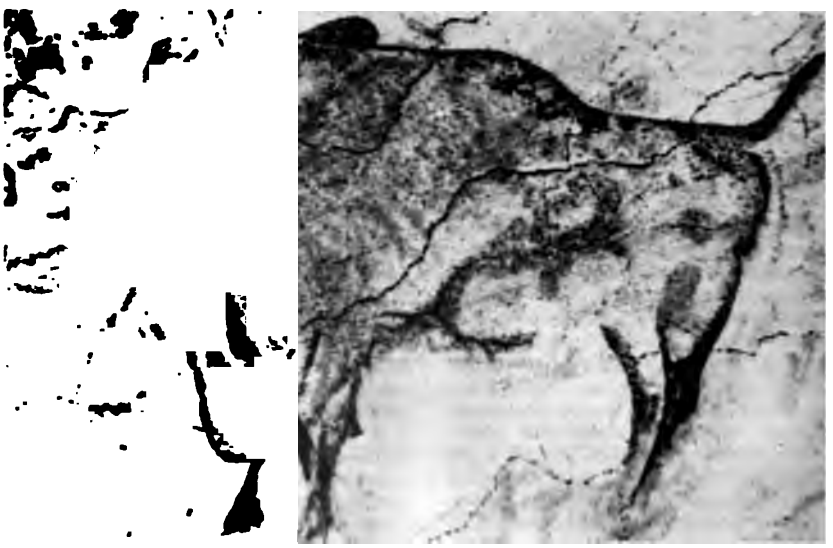
Зарождение творчества стало возможным с возникновением у палеоантропа сферы идеологической деятельности. Первые ее следы прослеживаются в эпоху мустье, их обычно сопоставляют с погребениями неандертальцев. Автор полагает, что к этому же роду деятельности следует отнести появление символических знаков в виде чашечных углублений на камне, гравировки из прямых параллельных нарезок и крестообразных фигур на кости, плитки со следами красных пятен. Наиболее ярким примером деятельности, имеющей идеологическую направленность, было создание так называемых «медвежьих пещер», ареал которых охватывает огромную территорию от Франции до Кавказа. Многие из них расположены в труднодоступных высокогорных местах и представляют собой собрания черепов и однородных костей пещерного медведя, чаще всего только молодых особей. Еще в ашеле* медведь стал важным объектом охоты, а в мустье превратился в главного врага неандертальца, который в условиях похолодания стремился освоить пещеры в горных районах Европы. В этих условиях происходили частые стычки с пещерным медведем; создание же собраний черепов этого животного, расположенных обычно в глубинах пещер, должно было иметь символическое значение, возможно, оно означало победу. В других ареалах расселения неандертальца отмечено символическое использование туш или их частей от других животных, таких, как древний и южный слон, волк, олень, зубр и т. п. Интересно отметить, что символические акты, связанные с медведем, имели историческое продолжение и сохранились в виде культа медведя и медвежьих праздников у ряда народов.

По общему мнению советских исследователей палеолита, «медвежьи пещеры» — охотничьи культовые памятники. Кроме того, А. Д. Столяр обращает внимание на то, что это еще и древнейшие памятники изобразительного творчества, что своеобразные экспозиции из медвежьих черепов в залах альпийских пещер — пример натуральной изобразительной деятельности. Отсюда начинается следующий этап — создание натурального макета, который явился переходной формой к анималистической скульптуре

На мустьерских памятниках неоднократно находили лепные шары из глины, охры, лёсса. Назначение сфероидов, как их принято называть, стало понятным после открытия в 1950 г в пещере Базуа (Basua) в Северной Италии еще одной галереи, до этого запечатанной сталагмитовой «пробкой». Галерея длиной 400 метров заворшалась залом, где была берлога пещерных медведей, о чем свидетельствовали следы когтей на стенах (гриффады), клочья шерсти и кости. Затем здесь появились люди, оставившие следы пальцев на глине стен, отпечатки ног, углистые пятна на полу и стенах, следы ударов факелами. У южной стены зала обнаружен сталагмит зооморфной формы, покрытый слоем глины и сохранивший многочисленные вертикальные расчесы, сделанные пальцами человека, и следы ударов глиняными шарами. Предполагают, что верхняя часть фигуры была снабжена головой медведя с куском шкуры. Фигура выполняла роль мишени во время инициаций мустьерцев.

Несколько глиняных фигур обнаружено в пещере Монтеспан (Montespan) во Франции, и среди них самая замечательная — монтеспанский медведь. Она тоже не имела глиняной головы. Вероятно, ее целиком накрывали шкурой с натуральной головой. Детали фигуры не были проработаны, показана только когтистая правая передняя лапа зверя, а между передними лапами лежал череп медвежонка. На открытом правом боку макета сохранились ямки — следы «ран», нанесенных копьями. Фигура служила целью для метания глиняных шаров, которые лежали рядом кучками. А. Д. Столяр считает, что создание подобных натуральных макетов сыграло важную роль в развитии творческой мысли палеоантропа и в развитии палеолитического искусства в целом. Создавая его, мустьерец научился делать лепную фигуру зверя и постепенно перешел к трехмерной объемной скульптуре, близкой к реальному размеру натуры. Таким образом, именно монументальную скульптуру следует считать первичной в истории развития изобразительного творчества.

Бизоны (вверху — самец, внизу — самка). Лепные барельефные фигуры в пещере Тюк д'Одубер



Бизон (длина 1,25 м). Полихромное изображение на Большом плафоне Альтамиры

* Археологическая культура раннего палеолита в Европе и Азии. Названа по предместью французского города Амьен Saint-Acheul.

Образ женщины, барельеф (навес Лоссель (Laussel, средняя пора верхнего палеолита)

«Венера» (желтый стеатит, высота 4,7 см) Статуэтка из гротов Гримальди (Италия) Сен-Жермен-ан-Ле. Музей национальных древностей

древних о большом внешнем мире с его охотничьими территориями и малом мире социальной ячейки на стоянке. Малое искусство автор подразделяет на сюжетное, или фигурное, знаковое и орнаментальное.

Вопрос о возникновении и последовательности развития сюжетных и знаковых изображений исключительно важен, к нему обращались многие исследователи, однако пока он недостаточно изучен. Сейчас можно говорить о существовании всех трех форм малого искусства в ориньяке, хотя знаки и орнаменты в это время еще редки. Главное же состоит в том, что изобразительное творчество неоантропа развилось не из знаковой системы, как полагали некоторые исследователи. Малые формы возникли позднее пещерного искусства и были связаны с ним, хотя связи эти были сложны и многолинейны.

Особое внимание в книге уделено изучению роли изобразительного творчества в развитии логического мышления и сознания древних как основы становления *Homo sapiens*. Этот аспект работы также имеет большое значение для развития науки о палеолите и происхождении человека.

Факторы этнических процессов

Опыт Советского Союза в решении национального вопроса привлекает внимание во всех странах мира. Правительства многонациональных государств ищут оптимальные пути для регулирования межрасовых и межэтнических отношений в своих странах. Этот факт в значительной мере повысил интерес ученых к национальным проблемам или, в широком смысле, к вопросам, имеющим отношение к этничности.

В последние десятилетия в советской этнографической науке интенсивно развивалась теория этноса, на основании которой термин «этнос» применяется для обозначения самых различных типов этнических общностей от наименьших и архаических (племя) до наибольших и современных (современные крупные нации), т. е. любых типов этнических общностей на всех этапах их исторического развития. В настоящее время термины «этнос» и производные от него — «этническая общность», «этнические процессы», «этнические признаки» вошли в научную лексику.

Вклад советских ученых в теорию и практику изучения истории народов, их деятельности и культуры под этническим углом зрения высоко оценивается зарубежными специалистами

В других странах также накоплен достаточно богатый, но в то же время изолированный в каждом отдельном случае материал Ученые разных стран не всегда однозначно понимают и оценивают явления, имеющие отношение к этническим процессам. Одна из причин этого — отсутствие единой научной терминологии, что приводит исследователей к разобщенности и вольному толкованию этнических процессов. Это обстоятельство вызвало необходимость международных научных контактов с целью взаимного обмена результатами в области полевой работы и теоретических исследований, преодоления определенных трудностей методического характера и выработки по возможности единого понятийного аппарата.

В настоящее время специалисты СССР и США совместно разрабатывают проблему «Сравнительное изучение этнических процессов» (руководители проекта академик Ю. В. Бромлей — Институт этнографии АН СССР и профессор С. Минц (Mintz) — Университет Хопкинса, США). Проект представляет собой сравнительное изучение национальных процессов в СССР и США по двум направлениям: исследования собственно социальных изменений в этносах и исследование элементов материальной и духовной культуры, в том числе языковой ситуации.

Участие советских ученых в совместной разработке проблем этничности дает возможность подробно познакомиться с оценками и прогнозами этнического развития в США и странах, поставляющих наемную силу на американский рынок труда, выявить проблемные ситуации в этническом плане, опровергнуть тенденциозные оценки национальных процессов в СССР, показать результативность национальной политики КПСС.

Работа осуществляется на основе параллельных исследований сторон и координируется на совместных ежегодных симпозиумах. Очередной симпозиум по теме «Факторы, влияющие на сохранение и изменение этничности» состоялся в июне 1985 г. в Киеве. Американские участники представляли научные учреждения нескольких штатов США, с советской стороны участвовали специалисты Института этнографии АН СССР, Института социальных и экономических проблем зарубежных стран АН УССР, Института искусствоведения, фольклора и этнографии АН УССР.

На симпозиуме обсуждались проблемы: «Факторы этнических процессов (историко-стадиальный аспект)», «Социальная стратификация, труд и этничность», «Государство и этничность», «Динамика культуры и этническое самосознание», «Конфессиональный фактор и этничность», «Этнические процессы в полиэтнической среде».

Доклады советских ученых были посвящены направлениям этнических процессов в СССР и основным, влияющим на них факторам.

Особый интерес вызвал доклад академика Ю. В. Бромлея. Построенный на анализе теоретических аспектов общей проблемы, он явился отправным моментом для дискуссии по ряду вопросов методического и методологического характера. Докладчик выделил различные этнообразующие и этнодифферен-

ирующие факторы (общность происхождения, территории, культуры, языка, конфессиональная общность и т. д.), которые в разные исторические периоды и в разных социально-экономических, политических и других ситуациях играли различную роль. Он подчеркнул также весьма существенную роль этнического сознания и самосознания как самих по себе, так и в качестве факторов, превращающих те или иные элементы культуры в этнически значимые.

Ряд докладов советских специалистов был основан на результатах Всесоюзного исследования по теме: «Оптимизация социально-культурных условий развития и сближения наций в СССР». Выступавшие рассматривали взаимосвязь изменений в социально-профессиональной структуре народов СССР с их национальным развитием. На основе статистических данных, полученных в процессе исследования и теоретического обобщения, была показана роль социального роста наций для обогащения их духовной культуры, расширения ее диапазона и утверждения у народов общих интересов и образцов повседневного поведения, влияние урбанизационных процессов на развитие нации.

В докладе «Изменяющаяся культура как база формирования и развития национального самосознания народов СССР» был поставлен вопрос: почему при тенденции к сокращению этнически специфического в жизни народов их национальное самосознание растет? По мнению докладчика, объективная база для формирования этнического самосознания не сводится лишь к традиционной этнически-специфической культуре. Она включает и культуту современную, в том числе профессиональную, национальную по своей форме, которая у советских народов активно развивается. Рост национального самосознания имеет своим объективным основанием повышение уровня социально-экономического и культурного развития народов.

Несколько докладов было посвящено этническому развитию народностей Крайнего Севера и Дальнего Востока в советский период. В ходе социально-экономических преобразований народности Севера не утратили своей самобытности и культурного своеобразия. Они сохраняют свои родные языки и национальное самосознание. Более того, многие бесписьменные прежде народности получили в советское время письменность и создали свои литературы. Вместе с тем урбанизация способствует этнокультурным контактам, смешанным бракам, сближению народов Севера. Большой интерес вызвало обсуждение самого значительного события в этнической истории Сибири — формирования в этом регионе стабильного русского населения, принесшего с собой православие. В связи с этим оценивалась роль взаимодействия этнического и конфессионального в процессе взаимодействия русских с коренным населением. Сделан вывод, что синкретизм религиозной традиции русских старожилов — результат многовековой приспособительной изменчивости как в материальной, так и в духовной культуре, результат упорной борьбы консолидирующих и дифференцирующих факторов в процессе становления этнических групп.

Доклады и выступления американских ученых условно можно разделить на теоретические и эмпирические. В США поляризуются два противоположных процесса: быстрая ассимиляция многих народов, населяющих США, с одной стороны, и с другой — складывается довольно глубинная расовая дифференциация, разделяющая американское общество. В историческом плане наиболее подробно этот вопрос анализировался в докладах профессора С. Минца «Труд и этничность. Теоретические аспекты истории» и Д. Мурра (Murra) «Традиционная культура и этническое самосознание народов Южной Америки». Они воссоздали картину развития и в то же время сохранения глубинных межрасовых отличий на Американском континенте. По данным докладчиков, одна половина мигрантов была европейцами, другую половину составляли мигранты из Африки и Азии. В литературе имеется достаточно данных о европейских мигрантах, что же касается неевропейской части, то она остается малоизученной. Два потока мигрантов были вызваны разными факторами и, что самое главное, были дифференцированы, по существу, уже при размещении в США. Представители европейских народов в подавляющем большинстве имели возможность поселиться в более благоприятных природных условиях. Выходцы же из Африки и Азии занимали субтропические и тропические регионы и длительное время находились в состоянии рабства. В XIX в. «черное» население постепенно освобождалось от него, но ущемленность и чувство неполноценности сохраняется до сих пор. Касаясь современных этнических процессов, происходящих на Американском континенте, докладчики подчеркивали, что расовые и этнические группы не являются статичными общностями, и обратили особое внимание на социальную мобильность и конкурентные отношения между этническими группами.

Доклад С. Либерсона (Lieberson) «Этнически-смешанные браки в США» был основан на материалах переписи 1980 г., обработанных по специальной программе, и с точки зрения методики отличался от всех остальных американских докладов большой информативностью. Сравнительный анализ смешанных браков представителей разных национальностей показал, что самый низкий процент смешанных браков у негров. До сих пор между неграми и «белыми» практически нет смешанных браков — 1,5%, тогда как, например, между американцами и японцами, которые недавно поселились в США, их более 50%. Таким образом, при сравнительно быстрой ассимиляции в социально-культурном отношении негры до сих пор, если иметь в виду бытовые отношения и браки, остаются абсолютно изолированной этнической группой. В докладе прослеживается мысль, что смешанные браки — важный фактор, способствующий ассимиляции. Однако в нем не были определены социальные причины этого процесса и подчеркивалось, что этнические группы еще длительное время будут сохранять свои отличительные особенности.

Некоторые американские ученые попытались несколько своеобразно объяснить подъем борьбы коренного населения США, отстаивающего свои права на принадлежащие им земли и борющегося за сохранение религиозной и культурной самобытности. В докладе «Роль образования в этническом самосознании» был затронут ряд важных вопросов относительно адекватной оценки отдельных событий, фактов, личностей в истории народов и в складывании у народов позитивных и негативных установок на межнациональные отношения и контакты. При совершенно правильной посылке о необходимости преодоления тенденциозных оценок роли известных исторических фактов в современных изданиях ошибочно утверждалось, что изображение индейских вождей варварами в американских учебниках является основным фактором, вызвавшим решительный протест индейского населения и резкое обострение их этнического самосознания.

Основной тенденцией докладов, имевших отношение к конфессиональному фактору и его роли в сохранении этничности, было утверждение того факта, что в условиях активного разрушения национальных границ доминирующее положение приобретают религиозные границы. Однако и религиозные различия постоянно затушевываются, но этот процесс в каждом отдельном случае протекает по-разному. Этнические группы, у которых религия длительное время выступала в качестве основного этнообразующего фактора и в качестве этнической культуры, дольше сохраняют религиозные границы.

В докладах и выступлениях американских ученых наблюдались прогрессивные ориентации и в постановке вопросов, и в их интерпретации. Это отразилось, в частности, в докладе Р. Коэна (Cohen) «Этничность в условиях индустриального развития на примере Африки». Исследование касается современного рабочего класса в Северной Нигерии. Он обратил внимание на основные факторы, способствующие формированию рабочей солидарности, и утверждал, что лидеры рабочих групп на промышленных предприятиях не учитывают роли этнической традиционной культуры. Это препятствует становлению рабочего класса и его единству. Автор не фиксировал момента, когда и как быстро складывается рабочий класс в условиях Северной Нигерии, и

все же постановка вопроса о роли этничности в этом процессе является прогрессивной и своевременной, так как зарубежные исследователи современного рабочего класса Африки рассматривают его в полном отрыве от традиционной культуры, которая доминирует у молодого пополнения в новых промышленных центрах.

Большое внимание было уделено определению тенденций в языковых процессах. Было много точек соприкосновения советских и американских специалистов при анализе двуязычия. Исследования по этому вопросу ведутся в обеих странах. Советские ученые доказали, что распространение русского языка в стране связано с его ролью в качестве основного языка межнационального общения, поэтому даже полный переход некоторых групп национальных меньшинств к общению на русском языке еще не означает их «русификации», как пользование американцами разных национальностей английским языком не означает их «англинизации». Американские ученые неоднократно подчеркивали заинтересованность в сравнительном анализе влияния языка на этничность СССР и США. В связи с этим их внимание привлекла проблема влияния на формирование этничности языка обучения в советских союзных республиках у тех групп населения, которые не принадлежат к коренным национальностям. В своих выступлениях специалисты по языковой ситуации в Советском Союзе показали, что в большинстве союзных республик языками обучения в школе являются языки коренных национальностей. Вместе с тем в ряде республик обучение велось и на других языках народов СССР. Например, в Узбекской ССР, кроме русского и языка коренной национальности, обучение ведется на таджикском, туркменском, казахском, киргизском языках; в Украинской ССР школьное обучение осуществляется на украинском языке, русском, молдавском, венгерском, польском и т. д.

Влияние психологического фактора на этнические процессы подчеркивалось всеми участниками симпозиума. Однако степень его влияния оценивалась по-разному. Советские ученые на конкретном материале показали, что национальные чувства и самосознание могут расти на основе объективных процессов (роста культуры, социально-экономического развития), а гиперболизация их связывается с конкурентностью или является реакцией на дискриминацию в обществах с антагонистическими отношениями.

Проблема урбанизации в современных условиях и оценка этого явления как фактора, влияющего на этничность, была предложена для сравнительного исследования обеими сторонами. Существующая в США методика анализа уровня урбанизации и индустриализации и степени их влияния на развитие наций может быть использована с учетом разницы в политической системе и советскими учеными для прогнозирования влияния научно-технической революции на национальные процессы.

Во время работы симпозиума возникли определенные сложности, связанные не только с социальным различием двух сторон, но и в связи с разницей в методологии и методике.

Оценивая результаты симпозиума, советские и американские ученые подчеркивали важность подобных международных встреч, стимулирующих обмен опытом и методиками в области изучения этнических процессов. А это не только обогащает науку в общемировом масштабе, но и способствует оздоровлению международной обстановки, созданию атмосферы взаимопонимания и сотрудничества ученых.

Философия и право

Ленинская философия сегодня

Признавая органическую целостность, единство марксистско-ленинской философии, мы в то же время выделяем в ней личный вклад каждого из классиков. При этом неправомерно ни противопоставление их друг другу, что всячески пытаются проделать современные ревизионисты, ни игнорирование специфики вклада каждого из классиков в общую теоретическую сокровищницу марксизма-ленинизма

Из основателей марксистско-ленинского учения только В И. Ленину довелось быть свидетелем революции в естествознании на рубеже веков. только он был непосредственным руководителем победоносной социалистической революции, только В И Ленин практически решал задачи построения социалистического общества. Сейчас продолжается эпоха, в которую жил и действовал Ленин, — это эпоха империализма и социалистических революций, эпоха существования и развития содружества социалистических стран. Ленинизм есть марксизм нашей эпохи.

Известно, что Ленин всегда считал глубоко ложным толкование марксизма как застывшей догмы; он указывал, что теория К. Маркса «положила только краеугольные камни той науки, которую социалисты должны двигать дальше во всех направлениях, если они не хотят отстать от жизни» (Л е н и н В. И. Полн. собр. соч., т. 4, с. 183—184). Ленинизм стал гигантским качественным скачком в развитии философской мысли.

Конкретное содержание ленинского этапа в истории марксистской философии, непреходящее значение ленинского идейного наследия для сегодняшнего дня раскрываются в книге «Ленин. Философия. Современность», подготовленной коллективом известных советских философов и изданной Политиздатом в 1985 г.

Сущностью марксистско-ленинской философии является материалистическая диалектика, в развитие которой Ленин, будучи самым верным последователем учения К. Маркса и Ф. Энгельса, внес огромный вклад. Этот вклад Ленина в теорию материалистической диалектики состоит, как показывают авторы книги, в разработке общего учения о развитии, в глубоком исследовании гносеологической проблематики, связанном с новейшей революцией в естествознании, и в ленинском учении о противоречиях как центральном ядре диалектики. Все конкретные проблемы социалистической революции и социалистического строительства Ленин решал глубоко творчески, диалектически.

Если во времена К. Маркса диалектические и метафизические представления весьма четко отличались друг от друга, то в конце XIX — XX в. с «принципом развития согласны все», хотя зачастую «согласие» это было такого рода, которое душит и опошляет истину. В связи с этим Ленин дал развернутый анализ двух концепций развития, который весьма актуален и сегодня, когда современный нам ревизионизм в отличие от ревизионизма начала века, чуравшегося диалектики, объявляет себя ее «сторонником» и даже «усовершенствователем». Однако на поверку релятивизированная диалектика современного ревизионизма оказывается антидиалектикой, т. е. опять же метафизикой, но в мнимо диалектическом одеянии.

Отстаивая понимание и применение марксистского учения как руководства к действию, Ленин подчеркивал нераздельность диалектико-материалистической теории развития с практической ориентацией марксистского учения на задачу преобразования мира. В последние годы усилилось внимание ученых-философов к деятельностному аспекту марксистско-ленинской философии. Превращение человеческой деятельности, т. е. практики во всех ее видах, в объект специального детального исследования будет способствовать еще большей практической отдаче марксистско-ленинской теории.

В связи с усилением роли философии в решении задач, стоящих сегодня не только перед советским народом, но и вообще перед человечеством, огромное значение имеет идея Ленина о союзе философов и естествоиспытателей. Если эмпирической базой философии является живая история всей человеческой практики и конкретных наук, то главная помощь естествознанию со стороны философии состоит в разработке логики и методологии научного познания, в выявлении законов и особенностей познавательного процесса, в выре-

ботке общего мировоззрения, без чего невозможно создание подлинно научной картины мира. Необходимость указанного союза стала особенно очевидной на рубеже XIX и XX вв. Как известно, кризис и революция в естествознании в это время явились результатом открытия фактов распада атомов. Ленин был одним из первых, кто указал на недостаточность атомно-молекулярного уровня в познании материи для объяснения физических, химических и биологических явлений: на электронно-ядерном уровне они позднее получили более глубокое объяснение, была показана их внутренняя взаимосвязь. Ленинский системно-диалектический подход позволил сформулировать мысль о неисчерпаемости электрона и необходимости дальнейшего движения познания ко все более глубоким сущностям материи. Ленинский подход подготовил почву для будущего выделения и разработки в материалистической диалектике принципа системности — одного из важнейших принципов научной методологии XX в.

Принципом глубокого единства теории и практики проникнут и ленинский анализ категории «противоречие». Ленин дал всесторонний теоретический анализ этой категории, характеризуя противоречие как суть, ядро диалектики, и вместе с тем рассмотрел многообразные виды противоречий и способы их разрешения в общественной жизни. Исключительно важны ленинское различение антагонизма и неантагонистического противоречия в социальной жизни, указание на то, что первое исчезает, а второе при социализме сохраняется. Как отмечают авторы книги, Ленин открыл новый диалектический принцип «соединения противоположностей», показав, как и когда можно и должно их соединять в ходе строительства социализма, а также в процессе познания.

Исходя из ленинской методологии, авторы создают типологию неантагонистических противоречий, присущих зрелому социализму, в частности, различая «остатки» ранее уже разрешенных антагонистических противоречий и вновь возникающие неантагонистические противоречия. К первому из этих видов противоречий можно отнести, например, противоречие между коллективизмом и рецидивами буржуазности и мелкобуржуазности, ко второму — противоречие между ростками коммунизма и вообще более сильной социалистической новью, с одной стороны, и с другой — тем, что хотя и было вызвано к жизни социализмом, но, устарев, перестало соответствовать условиям и задачам современного этапа развития общества.

Необходимость сознательного соединения противоположностей в условиях социализма предполагает возрастание значения субъективного фактора, но не за счет снижения роли объективного фактора. И здесь также чрезвычайно актуальна ленинская методология. Подобно тому как революция в естествознании обусловила в диалектическом материализме большее внимание к гносеологической проблематике, задача практической подготовки социальной революции определила в историческом материализме акцент на роли субъективного фактора.

В. И. Ленин обосновал также принципиально новое положение о том, что после победы социализма между объективным и субъективным факторами устанавливается определенное соответствие, но соответствие это диалектическое, оно предполагает по отдельным параметрам и несоответствие. Это обусловлено тем, что уже внутри как объективного, так и субъективного фактора имеются свои специфические особенности различия. Большой ущерб социалистическому строительству могут принести, например, ошибки и просчеты в планировании, управлении производственными процессами. Как отмечают авторы книги, это противоречие разрешается не стихийно, КПСС чутко улавливает возникающие противоречия и своевременно их разрешает. В Программе КПСС (новая редакция) отмечено, что имевшие место в социально-экономическом развитии страны в 70-х — начале 80-х годов негативные тенденции объясняются, в частности, отсутствием своевременной и должной оценки ранее происходивших изменений в экономической ситуации, инерцией поведения и недостатком должной активности в осуществлении глубоких сдвигов во всех сферах жизни.

В книге «Ленин. Философия. Современность» освещаются и другие, не менее важные проблемы ленинской философии: ленинская философия мира и мирного сосуществования, ленинские принципы управления социалистическим обществом, критика философского ревизионизма и др.

Слова В. И. Ленина о том, что учение К. Маркса нельзя понять вполне без учета вклада Ф. Энгельса в разработку теории, могут быть полностью отнесены и к деятельности Ленина: марксистская философия не может быть понята вполне без того огромного вклада, который внес в ее творческое применение и развитие Ленин. Ленинский этап в философии марксизма продолжается и в наше время, и обращение к ленинскому наследию есть обращение к наиболее актуальному, «животрепещущему» в философии марксизма. Это нацеливает ученых-обществоведов на наиболее актуальную проблематику наших дней и вооружает их испытанной в борьбе и строительстве ленинской методологией.

Герменевтическая философия языка

Язык, величайшее явление человеческой культуры, не мог не стать объектом специального философского изучения. Искусство и теория истолкования текстов называются герменевтикой. Это понятие (греч. *hermeneuo* — разъясняю, объясняю, толкую) восходит к имени мифологического бога Гермеса, сына Зевса. Почитаемый как бог торговли и покровитель дорог, а также изобретатель языка и письменности, Гермес обычно изображается в крылатых сандалиях и с кадуцеем — жезлом вестника богов. С одной стороны, Гермес — бог всякого озарения, вследствие чего наука о толковании текстов и называется герменевтикой, с другой — мастер колдовских чар и автор тайных учений, из-за чего все наглухо закрытое называется герметическим. Эти два назначения Гермеса (объяснять, растолковывать и запутывать, прятать) самым причудливым образом переплетаются во всей истории герменевтики. Причем мистическое, иррациональное начало в герменевтике особенно усиливается в периоды кризисов, разложения отживающей системы (примером может служить герметизм — религиозно-философское течение эпохи эллинизма и поздней античности, а также новейшая буржуазная герменевтика).

Наиболее полным трудом в советской философской литературе, посвященным герменевтике, является книга критических очерков «Герменевтика: история и современность» под редакцией докторов философских наук Б. Н. Бессонова и И. С. Нарского, выпущенная издательством «Мысль» в 1985 г.

Авторы книги ставят перед собой и решают три взаимосвязанные задачи: определить место и роль герменевтики в истории философии, вскрыть антикоммунистическую, антимарксистскую направленность современной буржуазной герменевтики, но выявить в ней и рациональные моменты, нуждающиеся в диалектико-материалистическом переосмыслении. В ходе решения первой задачи авторы предлагают следующую периодизацию герменевтики.

1. Эпоха античности и средневековья. С появлением письменности герменевтика становится способом «правильного» или даже «исправляющего» истолкования текстов. Так как появление письменности почти совпадает с появлением классового общества, то возникает не просто человеческая потребность в понимании чужих языков, но и определенный классовый интерес в том или ином истолковании текстов. Особенно четко это проявляется в эпоху феодализма, когда священнослужители, установив монополию на понимание и толкование догматов веры, стали выступать как бы в роли Гермеса, но не как сообщающего людям весть, а как диктующего им «волю бога».

2. Период поступательного развития буржуазного общества (XIV — XV вв. — первая треть XIX в.). В связи с изобретением книгопечатания проблематика герменевтики становится достоянием широких слоев верующих, самостоятельно осмысляющих религиозные тексты. Немецкий теолог и философ Ф. Шлейермахер *(Schleiermacher)*, живший в конце этого периода, выделяет общие предпосылки любой частной (филологической, теологической, юридической) герменевтики и на этой основе разраба-

тывает собственно философскую («универсальную») герменевтику.

3. Период перехода к империализму — конец XIX в. На этом этапе философская герменевтика соединяется с «философией жизни». Главным ее назначением становится попытка иррационалистического, извращения материалистического понимания истории.

4. Первая половина XX в. В эпоху первой победоносной социалистической революции герменевтика, смыкаясь с экзистенциализмом, претендует на то, чтобы стать онтологией, противопоставив диалектико-материалистическому пониманию мира экзистенциалистское истолкование бытия человека, времени и истории.

5. Вторая половина XX в. После окончания второй мировой войны герменевтика, объединяясь с франкфуртской «критикой идеологии», активнее занимается извращением марксистских первоисточников. В условиях «кризиса доверия» ко всем ныне существующим буржуазным школам и глобального наступления сил империализма буржуазная герменевтика претендует на то, чтобы выступать в качестве альтернативы марксизму-ленинизму, синтезируя различные иррационалистические теории мысли. При этом в силу кризиса буржуазной философии герменевтика идет на все более тесный союз с религией, и круг, таким образом, замыкается.

Актуальность марксистского анализа герменевтики определяется ее ведущим положением в структуре современных буржуазных течений, что объясняется широчайшим распространением средств массовой информации, философским плюрализмом, обусловленным желанием буржуазии воздействовать на более широкие круги населения, ростом числа работников умственного труда. Опровержению при этом подлежат как чисто научные, так и мировоззренческие основы современной буржуазной герменевтики.

Научную несостоятельность герменевтики авторы книги усматривают в следующем: в поисках «третьего» пути в философии, когда основной ее вопрос сводится к выяснению отношений между автором, языком и интерпретатором; в усилении субъективно-идеалистических и иррационалистических тенденций, когда существенной реальностью объявляется только текст; в претензии на объединение всех других философских школ и направлений на том основании, что все философы так или иначе исходят из текста; в попытках построения новой онтологии, где вопрос о смысле бытия совпадает с вопросом о вариациях смыслов слова «бытие» и истину заменяет интерпретация.

Характерной особенностью современной герменевтики, отличающей ее от разных философских течений позитивистского толка, является постановка мировоззренческих проблем: смысла жизни, ответственности и справедливости, общих принципов бытия человека в мире. Несостоятельность мировоззренческого аспекта герменевтики авторы книги усматривают в отрицании объективных закономерностей общественного развития, без которых не может быть правильно понят смысл человеческой жизни; в росте пессимистических и волюнтаристических мотивов, связанных с отказом от идеи общественного прогресса.

Авторы дают отпор новейшим антимарксистским попыткам идеологов герменевтики, отождествляющих язык с игрой, давать произвольную, извращенную интерпретацию текстов произведений классиков марксизма-ленинизма. Они убедительно вскрывают несовместимость исходных принципов марксистско-ленинской философии и философской герменевтики. Если задача первой — в революционном изменении мира, то второй — в его интерпретации, причем сугубо субъективистской. Следствием глубокого различия исходных посылок являются революционный оптимизм марксистско-ленинского учения и пессимизм, уныние философской герменевтики.

Несостоятельность философских положений герменевтики авторы вскрывают с позиций испытанной ленинской методологии критики буржуазной философии. Следуя ей, они не только показывают идеалистическую, антинаучную направленность новейшей философии герменевтики, но и выясняют рациональный смысл тех проблем, на которых герменевтика спекулирует, но которым она не в состоянии дать рациональное раскрытие. Важнейшее методологическое значение для позитивных разработок авторов имеет высказывание К. Маркса и Ф. Энгельса о том, что язык является непосредственной действительностью мысли и не существует в отрыве от сознания человека, что он возник в процессе труда из потребности общения людей между собой и что ни язык, ни мысли сами по себе не образуют самостоятельной сферы, а являются отражением и выражением действительной жизни.

Взаимосвязь объяснения, понимания и «предпонимания», психологических и логических моментов в познавательной деятельности, возможность более адекватного раскрытия миросозерцания мыслителей прошлого, невозможность понимания части вне целого, а целого вне частей (последнее — один из составных моментов так называемого „герменевтического круга") — все эти проблемы действительно существуют в семиотике и логике, методологии и гносеологии науки, филологии и литературной критике и в последние 20—30 лет интенсивно исследуются с позиций диалектического и исторического материализма. Новый вклад в их решение вносит книга «Герменевтика: история и современность», и это доказывает исходное положение авторов, что критика в адрес реакционной буржуазной философской мысли является законом развития марксистско-ленинской философии.

О критике критиков реального социализма

В октябре 1985 г. в Варне (Болга работал международный «кру стол» по философско-социологиче проблемам совершенствования со лизма, на котором особое вним было уделено вопросам критики ко ков реального социализма и соот ствующей методологии. В работе « глого стола» приняли участие учен Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Со ского Союза и Чехословакии. К пленарных заседаний, работа пр дила на двух секциях в соответств указанными выше двумя планами ретического обсуждения.

В докладах многих ученых всесто ней критике была подвергнута рев нистская концепция А. Шаффа (Sc нашедшая свое выражение в его кн «Отчуждение как социальный ф мен» (1977), «Коммунистическое дв ние на распутье» (1982) и «Поль урок» (1984). А. Шафф подменил м систскую трактовку отчуждения продукта действия частнокапитали ческой собственности надклас «антропологической» конструк заимствованной из франкфурт школы и нашедшей свое выраж особенно в сочинениях Э. Фр (Fromm). Как известно, термином чуждение» обозначают совокуп явлений обратного, но притом уг ющего и разрушительного воздейс социальных процессов и отношени связи и обстоятельства, их породив Отчуждение выражается в господ овеществленного труда над живы превращении личности в объект плуатации. Согласно же воззре Фромма и Шаффа, отчуждение — извечная черта человеческой циви зации, пронизывающая все связ отношения общества, не завис будто бы от характера экономиче системы и якобы не устранимая ни капитализме, ни при социализме. взгляды А. Шафф нацелил пр реального социализма, клеветнич утверждая, что в социалистиче странах произошло «тотальное от дение» партии, государства и с революции (при этом Шафф испол вал давние рассуждения Троцко Джиласа (Dzilas). В то же время в ном противоречии со своими же вы зываниями А. Шафф связал отчу ние в социалистических странах Вос ной, Центральной и Юго-Восто Европы именно с уровнем и характ их экономического развития, объ его фатально и неустранимо низк примитивным, после чего он пос рождение социализма на Западе ч 20 лет (?) в результате «микропр сорной революции», чего и сле всем пассивно «ожидать». Таким о зом, в концепции А. Шаффа произо эклектическое соединение «антроп гически»-экзистенциалистской и т кратической концепций. Методом э соединения явился идеалистиче

подход к различным формам отчуждения, которые сначала берутся Шаффом как равнозначные, а в конечном счете выводятся им из установок сознания. Идеализм А. Шаффа выразился также в обособлении им надстройки от экономического базиса жизни общества: над одним и тем же базисом могут якобы существовать самые различные надстройки. Антимарксистский и антисоциалистический характер нынешних воззрений А. Шаффа был показан в выступлениях со всей убедительностью.

Вторым объектом критики со стороны участников «круглого стола» явились антисоциалистические построения представителей так называемой «будапештской школы» — это А. Хеллер (Heller), Ф. Фехер (Féher), Д. Маркуш (Markus) и М. Вайда (Wajda), объявившие себя «учениками Лукача» (Lukács). В действительности они не имеют ныне ничего общего ни с сохранением, а тем более развитием теоретического наследства Д. Лукача, ни с социалистической Венгрией. Подвизаясь то в Австралии, то в различных странах Западной Европы и Северной Америки, эти лжетеоретики отвергли все те подлинно марксистские идеи, к которым пришел и которые страстно защищал зрелый Лукач, и подняли на щит его заблуждения и ошибки раннего периода деятельности. В книгах «Диктатура над потребностями. Социалистическая критика восточно-европейской общественно-экономической формации» и «Советский путь. Диктатура над потребностями и отчужденная повседневность», выпущенных в свет названной группой антимарксистов в первой половине 80-х годов, проводится нелепая идея о том, что, несмотря на исчезновение товарного фетишизма в Советском Союзе и других социалистических странах и даже благодаря (?) этому именно здесь «расцвели» разнообразные другие формы и виды отчуждения. Квинтэссенция этих форм заключается якобы в «управлении» потребностями граждан «сверху». Выступавшие с критикой построений А. Хеллер и ее единомышленников показали социально-реакционный и методологически-метафизический смысл данной идеи.

На заседаниях «круглого стола» критиковались также и другие новейшие антимарксистские спекуляции на проблемах, противоречиях и трудностях развития социализма, ревизионистская концепция «деформации» сущности реального социализма.

Сама суть марксистско-ленинской критики требует того, чтобы она была органически связана с положительным решением тех проблем реального социализма, на которых те или иные ревизионисты и буржуазные философы спекулируют. Поэтому содержание работы первой секции (критической) «круглого стола» непосредственно сомкнулось с работой второй (теоретической) секции. Одним из узловых теоретических вопросов обсуждения стала проблема ликвидации последствий и пережитков отчуждения в условиях жизни социалистических стран. Обсуждалась также та диалектически противоречивая роль, которую в этом процессе играют товарно-денежные отношения как рычаг социалистической экономики.

На второй секции исследовался ряд вопросов диалектики совершенствования социализма, разбирались проблемы диалектического единства социально-экономического и научно-технического прогресса, противоречивого взаимодействия производительных сил и производственных отношений в условиях построения развитого социалистического общества, проблемы совершенствования форм социалистической собственности и отношений между субъектом собственности и субъектом управления (ведения хозяйства). Оживленно обсуждались вопросы повышения эффективности системы социального управления при социализме и руководящей роли партии в процессе дальнейшего развития социалистических отношений, обеспечения действительного социального равенства и социальной справедливости в условиях социализма, а также диалектическое содержание принципа демократического централизма. Состоялись интересные дискуссии о противоречиях в условиях социализма и о понятии «всесторонне развитой» личности в коммунистической формации.

На заключительном пленарном заседании «круглого стола» было решено сделать подобные встречи регулярными (предположительно раз в два года), превратив их в своего рода Варненскую теоретическую школу.

Всемирный форум политологов

Сидящие в «Большом Амфитеатре» парижского университета Сорбонны участники торжественного открытия XIII Всемирного конгресса Международной ассоциации политический наук (МАПН) видели перед собой обрамляющую сцену президиума фреску — аллегорию Сорбонны, созданную художником Генри П. де Шаванном (Chavannes) в самом начале нашего века. Как нетрудно догадаться, тема этой фрески — союз наук. Тщетно взоры политологов искали среди аллегорических фигур обществоведения образ политической науки. Отсутствие его красноречиво. Провозглашенная почти две с половиной тысячи лет назад Аристотелем политическая наука начала постепенно приобретать статус автономной академической дисциплины лишь с конца XIX — начала XX в. Постепенность этого процесса проявилась и в том, что при создании по решению ЮНЕСКО в 1949 г. МАПН в нее вошло только 4 коллективных члена и несколько индивидуальных.

Мощный импульс становлению политологии придали вступление в МАПН ассоциаций политических наук европейских социалистических стран и проведение Международной ассоциацией ее XI Всемирного конгресса в Советском Союзе (1979 г.). Проведение этого конгресса в Москве ознаменовало качественно новый этап как в содержании диалога ученых, представляющих различные научные школы и общественные системы, так и в деятельности самой МАПН. Дискуссии на ее конгрессах приобретают общечеловеческую значимость, обращаясь к проблемам мира, разоружения, политических аспектов решения других глобальных проблем, развития политических систем, а сама МАПН — подлинно международный авторитет.

В работе XIII Всемирного конгресса МАПН, который состоялся в июне 1985 г., приняло участие около 1900 ученых более чем из 50 стран мира. Выдвижение в качестве главной его темы «Изменяющееся государство и его взаимодействие с национальным и интернациональным обществом» знаменательно в ряде отношений.

С науковедческой точки зрения оно означает завершение довольно длительного периода почти забвения западной политической наукой государства, государственных институтов и управления. Они были оттеснены понятиями и соответствующими теоретико-методологическими конструкциями политической системы, принятия решений, бюрократии, общественной политики и др.

Возвращение политологов к государству как самостоятельному и относительно автономному объекту исследования вызвано, однако, не только да и не столько внутринаучными процессами. Промышленный спад, резкий рост безработицы и инфляции и другие явления, характеризуемые обычно как социально-экономический кризис, охвативший в последние годы в той или иной степени едва ли не все несоциалистические страны, выдвинул государство и государственное управление в центр споров о способах и мерах оздоровления экономики. Причем независимо от того, избирается ли в качестве такого пути частичная реставрация «рыночной экономики», как в США и Великобритании, или же поиски ведутся преимущественно на пути совершенствования государственного регулирования и стимулирования, политические и теоретические дебаты сосредоточиваются вокруг государства, его роли и возможностях в жизни современного общества.

С международной точки зрения, как никогда, стало ясно, что прежде всего политика ряда западных государств и правительств препятствует решению таких животрепещущих проблем человечества, как прекращение гонки вооружений и рвзоружение, уменьшение разрыва между индустриально развитыми и развивающимися странами; что только сотрудничество государств дает возможность решения таких региональных и глобальных проблем, как защита окружающей среды, сырьевая, энергетическая, продовольственная и другие; что без радикального совершенствова-

ния норм и правил двусторонних и многосторонних взаимоотношений государств, без повышения конструктивной роли межгосударственных организаций любые проекты оздоровления международного климата и установления справедливого мирового порядка обречены на неудачу.

Наконец, уже сам по себе факт избрания этой темы как основной для такого авторитетного международного форума политологов — красноречивый ответ на столь часто произносившуюся представителями западной политической науки критику марксизма за чрезмерное внимание к государству.

Действительно, государство неизменно является одним из кардинальных вопросов в марксизме. Созданное основоположниками марксизма-ленинизма учение о государстве составляет органическую часть их теории революционного переустройства общества. Практическое переустройство в соответствии с этой теорией все возрастающего количества стран, глубокие изменения, происходящие в мировом сообществе, развитие самой марксистской политологической мысли серьезно обогатили и марксистскую теорию государства.

Определенный вклад в развитие этой теории внесли советские ученые. Широкое представление об этом вкладе, как и о результатах некоторых других проводимых в нашей стране политологических исследований, зарубежные участники конгресса получили из двух сборников советских докладов и специального выпуска журнала «Общественные науки» на английском и французском языках, а также библиографии «Политические науки в СССР (1982—1985 гг.)», подготовленных ИНИОН АН СССР. Помимо этого, был представлен ряд других отдельных докладов, что позволило предложить почти 50 наименований советских докладов тиражом около 2 тыс. экземпляров.

Круг проблем, рассматривавшихся на конгресса, был чрезвычайно широк. По ним ученые-политологи разных идеологических ориентаций вели острые дискуссии на пленарных заседаниях, в многочисленных (около160) тематических секциях, исследовательских комитетах и группах. Обсуждались такие темы, как язык и политическое понимание, политические циклы и социальные взрывы, работа и политика, этнический плюрализм, внутринациональное политическое насилие, финансовый кризис и обновление городов, сравнительный анализ процедур отбора лидеров, вооруженные силы и общество, политическая коррупция, исследование судей и т. д.

Основные дискуссии на конгрессе развернулись вокруг проблем государства, государственного аппарата, государственной политики, роли государств в решении глобальных проблем человечества. Эти дискуссии выявили ряд новых тенденций как в самой западной *политологии, так* и в политическом *сознании и политической практике* капиталистических обществ. Антиэтатистские* взгляды и концепции, еще недавно господствовавшие на Западе, заметно потеснены теориями усиления регулирующей роли государства как гаранта демократии и прав человека, как инструмента социально-экономических преобразований и т. д. Отсюда «реабилитация» с определенными поправками идей государства «всеобщего благоденствия».

Одной из главных причин такой переориентации западной политологии является усиливающееся разочарование неоконсервативной политикой в ведущих капиталистических странах. Сторонники этой политики выступали на конгрессе с критикой государственного вмешательства в экономику, в социально-культурную сферу, доказывали неэффективность централизованного планирования и управления, демагогически призывали к возрастанию роли общества и его членов, т. е. за частную инициативу. Однако их позиции на этот раз подвергались серьезным сомнениям и критике даже со стороны самих западных политологов.

Противоречиво оценивалась участниками конгресса роль государства в решении международных и глобальных проблем человечества с точки зрения «глобальных перспектив». С одной стороны, многие западные политологи отмечали процесс утраты контроля национальными государствами, особенно развивающимися и даже малыми капиталистическими, над международными событиями. По их мнению, экономический кризис последнего десятилетия и ряд политических событий показывают, насколько уязвимы национальные государства перед сдвигами глобального и даже регионального характера. Поэтому решение таких проблем, как распределение мировых ресурсов, защита окружающей среды, выравнивание развития, разоружение, разрешение международных конфликтов, возможно только на базе региональной, а в перспективе и всемирной интеграции. С другой стороны, они подчеркивали тенденцию к росту государственного национализма, стремление наций и этнических групп искать решений своих проблем на пути формирования автономных государственно-политических образований.

Эта тенденция, как считают западные политологи, выступает существенным и нередко негативным фактором в стремлениях человечества выработать средства решения стоящих перед ним проблем. Но, добавляют сторонники этой точки зрения, государственный национализм служит защитой от гегемонистских устремлений наиболее крупных держав. Он позволяет выражать интересы отдельных национальностей и этнических групп и тем самым способствует установлению более справедливого мирового порядка.

Обращает на себя внимание усиливающаяся тенденция в мировой политической науке рассматривать участие населения в политике и управлении, различные формы прямой демократии как орудия борьбы с бюрократией, проведения государственной политики в интересах подавляющего большинства, преодоления отчуждения и достижения легитимности* политических институтов. В этой связи перестраиваются и концепции демократии, в которых декларации и априорные ценности частично вытесняются, частично подкрепляются более практическими аргументами: участием в принятии решений в формировании руководящих органов, выработке и реализации курсов внешней и внутренней политики.

Конгресс показал, что политическая наука на Западе находится в поисках обобщающей теории, которая могла бы заполнить вакуум, вызванный определенной девальвацией претендовавших на статус обобщающих макротеорий бихевиористско-позитивистской, системно-коммуникативной, ценностно-критической и других теорий. В настоящее время усиливается тенденция к дроблению и автономизации различных областей политической науки, особенно таких, как политическая география, политическая психология, политическая лингвистика и др.

На всей работе конгресса отчетливо ощущалось влияние мирных инициатив Советского Союза, ярко демонстрирующих миролюбивую природу социализма. Они оказали несомненное воздействие на развитие общественно-политической мысли во всех странах. На конгресса это выразилось и в самой атмосфере дискуссии. Даже профессиональные критики коммунизма избегали грубых выпадов против теории и практики реального социализма. Такой сдвиг в сознании западных политологов вызван огромным и позитивным интересом к происходящим в СССР процессам изменений и реформ, к его внутренней и внешней политике. В ряде докладов ученых капиталистических стран прозвучала резкая критика внешней политики администрации США, американских планов «звездных войн», реализация которых подстегивает безудержную гонку вооружений.

В теоретико-мировоззренческом плане марксизм, хотя иногда и в неомарксистской интерпретации, прочно утвердился в среде западных политологов как по крайней мере одно из ведущих научных и общественно-практических направлений современности. Это проявилось в возросшем интересе к докладам и выступлениям ученых из

* Этатизм (от франц. *état* - государство) — направление политической мысли, рассматривающее государство как высший результат и цель общественного развития. — *Ред.*

* Легитимация (от лат. *legitimus* — законный, узаконенный) — признание или подтверждение законности какого-либо права или полномочия. — *Ред.*

социалистических стран, в частности на заседании созданной в 1979 г. на XI Всемирном конгрессе политических наук в Москве исследовательской группы МАПН «Марксистская политическая мысль». Она стала постоянно действующей формой сотрудничества ученых-марксистов с прогрессивными политологами капиталистических и развивающихся стран. В Париже группа провела заседание по теме «Роль масс в мировой политике», которое вызвало положительный резонанс и показало растущий авторитет советской науки, марксистской методологии среди зарубежных ученых.

Позитивная роль конгресса политологов заключается в углублении взаимопонимания между народами, в устранении рациональной ограниченности и предрассудков, становящихся в ядерно-космическую эпоху все более опасными. Создать новый мировой порядок, который будет способствовать максимально полной самореализации каждой человеческой общности и его отдельных членов, — такова благородная цель, в достижение которой стремится внести свой вклад Советская ассоциация политических наук.

Политические системы в современном мире

Теория политической системы — предмет пристального внимания представителей многих общественных наук. И это не случайно. Известно, какое важное значение придает КПСС совершенствованию всей политической системы, отдельных ее элементов — одному из главных условий успешного построения коммунистического общества.

Исследованию различных политических систем в современном мире посвящена монография «Основы теории политической системы» (М., Наука, 1985), подготовленная видными советскими учеными-юристами.

Книга открывается разделом об основах методологии изучения политической системы, заложенных основоположниками марксизма-ленинизма, об огромном вкладе в общую теорию политической системы, который вносят КПСС, братские партии на современном этапе.

В монографии раскрываются основные принципы политической системы, место и роль государства, политических партий, общественных организаций, социально-политических норм в политической системе. Значительное внимание уделяется политическому сознанию и политической культуре — одним из важных компонентов политической системы, сущности политических процессов и отношений, выявляются те различия, которые существуют в институционально-государственной организации различных обществ.

В центре внимания авторов — политический процесс, прежде всего его стадии и функции — сбор, анализ, использование информации, принятие и осуществление решений, социальный контроль. Именно они отражают наиболее значительные политические действия партий, государств, общественных организаций, масс, коллективов, граждан. С их помощью, как отмечается в книге, достигается привлечение масс к общественной жизни за счет присущей социализму связи институтов демократии и процессов управления либо отчуждение граждан от политических институтов, что характерно для буржуазного общества.

В книге подчеркивается важнейший критерий типологии политических систем в марксистско-ленинской науке — классовая сущность государственной власти. Именно она — основа определения закономерностей развития. Исходя из этого, авторы выделяют основные закономерности эволюции политических систем различных типов. Например, в условиях капитализма это неуклонное увеличение социальной роли буржуазного государства, расширение функций и масштабов его деятельности. События последних лет свидетельствуют, что данное явление становится фактором нестабильности буржуазного общества. Другая тенденция — развитие тройственного союза, охватывающего государство, бизнес, профсоюзы, что на практике ведет к существенным изменениям в структуре и функциях политической системы капитализма, дальнейшему снижению роли представительных учреждений, всего механизма традиционной парламентской демократии, ко все большему отстранению трудящихся от действительного участия в политической жизни.

В отличие от эксплуататорских политических систем политическая система социализма воплощает в себе власть трудящихся. Основная закономерность ее функционирования, как подчеркивается в книге, — последовательное развертывание подлинной демократии.

Большое место в исследовании отведено политической системе социализма. Дана всесторонняя характеристика этапов ее развития, показаны место и роль основных институтов политической системы социализма: Коммунистической партии — руководящей и направляющей силы общественного развития, ядра политической системы социализма; государства — главного орудия строительства социализма и коммунизма; добровольных объединений граждан. Раскрывается положение трудовых и территориальных коллективов как особых подсистем политической системы социализма, основного барометра, показывающего эффективность политической системы. Авторы отмечают, что массы судят о политике, политической системе, демократии прежде всего по тем отношениям, которые складываются в первичных ячейках — коллективах. «Необходимо всюду так поставить организаторскую и воспитательную работу, чтобы каждый трудовой коллектив стал действенной социальной ячейкой развития творческих сил личности. В этой же плоскости должна идти дальнейшая активизация всех общественных организаций. Надо строить их работу так, чтобы ни одна жизненно важная проблема... не решалась без привлечения к ней внимания широких масс» (Горбачев М. С. Живое творчество народа. М., 1984 с. 30).

Становление политической системы и ее институтов основывается на ряде общих главных закономерностей, которые присущи всем странам, вставшим на путь социалистического и коммунистического строительства. Вместе с тем существенное влияние оказывают конкретные исторические условия, национальные особенности каждой страны. В связи с этим рассматривается специфика политической системы различных стран социализма. Например, многопартийность в НРБ, ГДР, ПНР, ЧССР, СРВ, КНДР, КНР, деятельность в ряде социалистических стран такого общественно-политического института, как Национальный (Отечественный) фронт.

В этой книге дан также всесторонний анализ политической системы буржуазного общества. Подчеркнуто, что на базе основного противоречия капитализма — противоречия между трудом и капиталом — непрерывно развивается и углубляется комплекс других противоречий, свойственных экономической и социальной структурам буржуазного общества.

Освещаются и политические системы развивающихся стран. В труде выделяются два вида государств и их политических систем — развивающиеся по капиталистическому пути и имеющие социалистическую ориентацию.

Исходя из классового характера стран, ориентированных на капиталистический путь развития, авторы предлагают следующую их классификацию: 1) страны, государственная власть в которых сосредоточена в руках национальной буржуазии (Индия, Мексика и др.); 2) страны, где государственная власть принадлежит блоку эксплуататоров, обычно буржуазии и помещиков

СТО ЛЕТ НАЗАД

АНГЛИЯ. В последнее время моментальные снимки получили новое применение; именно ими стала пользоваться полиция для фотографирования подозрительных личностей без их ведома. Маленькими аппаратами снабжена большая часть лондонских полицейских. Один из парижских банков также пользуется этими аппаратами для незаметного фотографирования лиц, приходящих для размена или продажи ценных бумаг и почему-либо не внушающих доверия.

«Нива»

(Индонезия, Филиппины и т. д.); 3) страны, в которых государственная власть целиком или преимущественно находится в руках обуржуазивающихся феодалов (Саудовская Аравия, Непал и др.); 4) страны, где власть принадлежит пробуржуазной социальной общности, находящейся в процессе трансформации в класс буржуазии, и реальные рычаги власти сосредоточены в руках небольшой группы пробуржуазной автократии (Сенегал, Нигер и др.).

Давая общую характеристику политической системы стран социалистической ориентации, авторы отмечают, что она призвана осуществлять классовую, политическую власть революционно-демократической диктатуры народа, которую представляют не только трудящиеся, но и часть нетрудящихся, поддерживающих общедемократические мероприятия правительства. Этим политическая система социалистической ориентации отличается, с одной стороны, от социалистической политической системы, функционирующей исключительно в интересах трудящихся, и, с другой стороны, от буржуазной политической системы.

Новые явления политической жизни современности ставят перед исследователями дополнительные задачи. Их решение требует междисциплинарного подхода, участия в дальнейшем развитии теории политической системы общества представителей самых различных научных дисциплин

Сельское хозяйство и право

В советской аграрно-правовой науке видное место занимает изучение зарубежного аграрного законодательства, практики его применения, а также пропаганда за рубежом марксистско-ленинских идей о социалистическом хозяйствовании. С этой целью Институт государства и права АН СССР сотрудничает с несколькими научными центрами социалистических, развивающихся и капиталистических стран.

Много общих проблем в развитии сельского хозяйства СССР и Польши, в переводе его на путь интенсивного индустриального развития, специализации и концентрации сельскохозяйственного производства и его интеграции с другими отраслями агропромышленного комплекса (АПК), а также в правовом регулировании отношений в сельском хозяйстве и АПК в целом. В то же время имеются и различия, обусловленные разным уровнем обобществления производства, отличием форм и видов собственности в сельском хозяйстве и т. п., которые соответствующим образом учитываются в правовых системах наших стран.

Осенью 1985 г. в Варшаве в Институте государства и права Польской Академии наук состоялся III польско-советский симпозиум по сельскохозяйственному (аграрному) праву. Обсуждались две проблемы: методология исследований в социалистической аграрно-правовой науке и правовое регулирование рекультивации земель в Польше и СССР.

В докладе доктора юридических наук М. И. Козыря «О методологии исследований в советской аграрно-правовой науке» подчеркивалось, что эта наука, как и советская юридическая наука в целом, опирается на основополагающие методы исторического материализма и марксистско-ленинской диалектики.

Особое внимание было уделено методам изучения правового регулирования общественных отношений в сельском хозяйстве, обоснована необходимость расширения и углубления сотрудничества юристов-аграрников социалистических стран, подчеркнута важность изучения современного буржуазного аграрного права, усиления критики реформистской и ревизионистской аграрно-правовой идеологии и т. д.

Доктор юридических наук З. С. Беляева рассматривала теоретические вопросы применения метода сравнительного анализа в исследовании правового регулирования организации и деятельности сельскохозяйственных предприятий и объединений в СССР.

Доклад польского ученого, профессора М. Блажейчика (Blazejczyk) был посвящен научным методам исследования, применяемым в аграрно-правовой науке ПНР. Он подчеркивал, что их использование находится в прямой связи с ролью права в политической и социальной жизни общества. Отсюда возникает проблема этики ученого, его ответственности за достоверность и научность полученных с применением тех или иных методов исследования данных.

«О правовых проблемах рекультивации земель в ПНР» — так назывался доклад профессора Варшавского университета Л. Ястшембского (Jastrzebski), в котором были показаны история возникновения и современное состояние этого института польского аграрного права. Главное направление правового регулирования рекультивации земель* — обеспечить возможности их использования для нужд сельского и лесного хозяйства. Решающее значение в правовом регулировании рекультивации земель в ПНР имеет закон 1980 г. об охране окружающей среды, являющийся своеобразным Кодексом права охраны природной среды. Особое значение для рекультивации земель имеют народнохозяйственные планы и особенно планы освоения земель.

В докладах доктора юридических наук Н. И. Краснова и кандидата юридических наук М. И. Галятина были проанализированы теоретические проблемы правового регулирования рекультивации земель в СССР, показана сложность юридической квалификации правовых норм, регулирующих рекультивацию земель, а также определения объекта правоотношений по рекультивации земель.

Профессор Н. В. Сторожев на примере правового регулирования земель в Белорусской ССР подробно осветил стадии рекультивации: инвентаризацию земель, планирование мероприятий по совершенствованию рекультивации, организационные способы рекультивации земель. Он показал особенности правового регулирования планирования и проектирования восстановления нарушенных земель, порядок передачи рекультивированных земель землепользователям, проанализировал права и обязанности участников рекультивационного процесса.

В ходе обсуждения вопросов правового регулирования рекультивации земель в ПНР и СССР участники констатировали, что необходимо совершенствовать законодательство в области рекультивации земель и создать более действенный механизм восстановления и возвращения в сельскохозяйственное производство пригодных к использованию земель.

На симпозиуме была подчеркнута целесообразность продолжения и укрепления научного сотрудничества советских и польских ученых юристов-аграрников, активизации различных форм координации исследований как в рамках двустороннего сотрудничества, так и многостороннего в рамках стран—членов СЭВ.

* * *

Советско-итальянское сотрудничество по аграрному праву стало развиваться с 1954 г. Объективная основа для проведения сравнительного исследования сельского хозяйства в СССР и Италии — включение аграрного права в сферу научного прогресса как глобального международного явления и возникновения вследствие этого в агропромышленном комплексе обеих стран сходных проблем, связанных с необходимостью интенсификации сельскохозяйственного производства, его концентрации и специализации, перевода его на индустриальную основу.

Развитие научного сотрудничества советских и итальянских юристов имеет важное значение для взаимной информации о социальных процессах, происходящих в сельском хозяйстве обеих стран, для взаимного обогащения потенциала научных идей, для выявления сущности наиболее общих тенденций развития мирового сельского хозяйства. С 1972 г. начали регулярно проводиться симпозиумы советских и итальянских ученых-юристов, на которых обсуждаются юридические, экономические и организационные вопросы развития сельского хозяйства СССР и Италии.

В сентябре 1985 г. в Москве, Вильнюсе и Ленинграде состоялся очередной VI советско-итальянский симпозиум по аграрному праву на тему «Государственное регулирование сельского

* О рекультивации земель в Польше см. статью Б. Ключиньского (*Kluczyński*) «Загрязнение среды и растительность» в ежегоднике «Наука и человечество. 1982». — *Ред.*

хозяйства в СССР и Италии». Итальянскую делегацию возглавлял президент Института международного и сравнительного сельскохозяйственного права (ИМССХП) во Флоренции профессор Э. Романьоли (Romagnoli), советскую — заместитель директора Института государства и права профессор К. Ф.Шеремет.

Важная особенность симпозиума — углубление аналитических аспектов исследования актуальных правовых проблем развития сельского хозяйства СССР и Италии с учетом коренных принципиальных различий в социально-экономическом базисе и государственном строе обеих стран.

В докладах советских ученых рассматривались основные направления современной аграрной политики КПСС и их осуществление в реальной жизни. Доклад члена-корреспондента АН СССР Г. А. Аксененка был посвящен проблемам государственного и внутрихозяйственного управления землей в СССР. При этом особое внимание уделялось анализу государственных мероприятий по обеспечению приоритетного использования земель сельскохозяйственного назначения.

В докладе докторов юридических наук Н. И. Краснова и И. А. Иконицкой освещалось государственное управление мелиорацией земли в СССР. Анализировались договорные отношения, складывающиеся между сельскохозяйственными и обслуживающими их предприятиями, по использованию мелиорированных земель. Доктор юридических наук Л. П. Фомина на основе сравнительного анализа законодательства рассмотрела теоретические вопросы государственного управления землепользованием в социалистических странах.

Большое внимание в докладах советских ученых было уделено также вопросам контроля за выполнением экологических требований в сельском хозяйстве, тенденциям развития международного права окружающей среды и воздействию их на сельскохозяйственное производство, совершенствованию хозяйственного механизма и управленческих структур в агропромышленном комплексе и др.

Итальянский ученый, профессор П. Гросси (Grossi), анализируя историю развития итальянского аграрного законодательства, показал, как нарастало влияние государственного регулирования вплоть до разработки сельскохозяйственных планов и принятия законов о рациональном землепользовании и ведении хозяйства. Профессор Пизанского университета А. Карокца (Carrozza) анализировал вопросы охраны сельскохозяйственных земель в Италии. При этом подчеркнуто положительное влияние советского земельного права об использовании сельскохозяйственных земель на создание подобного института в итальянском праве.

В докладах других итальянских ученых была охарактеризована современная ситуация вовлечения в сельское хозяйство неиспользуемых и заброшенных земель в Италии, организация их учета и распределения между лицами, желающими их обрабатывать; проанализированы вопросы государственного управления и контроля в сфере аграрной мелиорации в Италии, государственного вмешательства в распределение доходов в сельском хозяйстве Италии.

Большой интерес привлекли вопросы реформы земельной собственности в Италии, в ходе которой у крупных собственников было экспроприировано 750 тыс. га земель, переданных на льготных условиях тем, кто ее обрабатывает; экологической политики ЕЭС и др.

VI советско-итальянский симпозиум по аграрному праву прошел весьма успешно. Он имел не только серьезное научное, но и большое политическое значение, способствовал взаимопониманию советских и итальянских ученых, явился вкладом в укрепление дружбы между народами СССР и Италии.

Экономика

Управление социалистической экономикой

Во всех странах социалистического содружества проводится огромная работа по совершенствованию системы планирования и управления. Осмыслению и обобщению накопленного опыта, обоснованию концепции комплексного подхода, охватывающего планирование, организационную структуру, систему финансирования и материально-технического снабжения, а также другие звенья хозяйственного механизма, посвящена серия трудов, подготовленная большим коллективом ученых-экономистов и работников планово-хозяйственных органов Болгарии, Венгрии, ГДР, Монголии, Польши, СССР и Чехословакии. Ее составляют три монографии: «Проблемы народнохозяйственного планирования», «Хозяйственный механизм функционирования социалистической экономики», «Обеспечение систем управления. Информационно-техническая база, организационные структуры, правовое обеспечение управления народным хозяйством», выпущенные в свет издательством «Наука» в 1982—1984 гг. Работа проводилась в рамках Проблемной комиссии академий наук социалистических стран «Вопросы совершенствования планирования и управления народным хозяйством стран — членов СЭВ» (председатель советской части комиссии академик Н. П. Федоренко).

В трудах освещаются новые качественные явления, происходящие в экономике социалистических стран в связи с переходом на преимущественно интенсивный тип расширенного общественного воспроизводства, исследуются проблемы дальнейшего укрепления централизованного управления и планирования, усиления действенности решений, принимаемых центральными органами хозяйственного руководства. Показывается, что достижение высшей социально-экономической цели социалистического общества возможно только в условиях постоянного развития демократических начал в управлении, повышения всенародной инициативы, расширения прав и ответственности трудовых коллективов за результаты работы.

Авторы рассматривают системы хозрасчетных отношений, формы реализации экономической самостоятельности предприятий и производственных объединений, а также современные закономерности в развитии распределительных отношений.

Значительное внимание уделяется вопросам совершенствования специализации, концентрации, кооперирования, организационной структуры управления народным хозяйством, сочетанию государственного, отраслевого и территориального подходов в управлении экономикой.

В книге «Проблемы народнохозяйственного планирования» сформулированы и развиты общие теоретико-методологические положения по важнейшим проблемам народнохозяйственного планирования и его совершенствования на основе марксистско-ленинской теории и принципиальных установок братских партий. Проанализированы конкретные особенности методики и технологии плановой работы в социалистических странах, система комплексного планирования народного хозяйства, предполагающая взаимную связь долгосрочных, среднесрочных и текущих планов.

В работе «Хозяйственный механизм функционирования социалистической экономики» рассматриваются все элементы планового управления. Основной теоретический вывод авторов заключается в том, что хозяйственный механизм должен быть тесно связан с целями и задачами перспективного народнохозяйственного плана. Главные направления развития планового управ-

ления экономикой в странах — членах СЭВ на современном этапе характеризуются многими общими чертами. Закономерно возрастает роль народнохозяйственного плана как важнейшего инструмента реализации экономической политики. Большое внимание уделяется экономическому стимулированию. Происходит планомерное приспособление организационной структуры к современным процессам обобществления производства, дальнейшее развитие принципа демократического централизма, лежащего в основе совершенствования хозяйственных механизмов управления экономикой во всех социалистических странах.

Авторы исходят из того, что нормативность — одна из существенных черт планомерности. С помощью разных групп нормативов применительно к отраслям устанавливаются плановые требования к эффективности использования ресурсов, вводятся эталоны соизмерения общественно необходимых затрат и результатов хозяйствования. Хозяйственный расчет понимается как элемент плановой системы управления, прочно связанный с народнохозяйственным планом, системой плановых экономических рычагов и стимулов.

В труде «Обеспечение систем управления. Информационно-техническая база, организационные структуры, правовое обеспечение управления народным хозяйством» обобщен опыт совершенствования управления отраслями, производственными и промышленными объединениями, комбинатами в странах социалистического содружества на основе использования экономико-математических методов и вычислительной техники. Рассмотрены такие компоненты автоматизированных систем управления, как информационно-техническая база, организационные структуры, правовое обеспечение; проанализированы тенденции развития систем управления, что позволило отразить общую точку зрения по ключевым вопросам теории и практики создания и эксплуатации автоматизированных систем управления; освещены современные методы и средства обеспечения систем управления экономическими данными.

Безусловно, эти монографии не содержат готовых ответов на все вопросы совершенствования планирования и управления. В них, по понятным причинам, не отражены те существенные изменения в практике хозяйствования, которые реализуются в социалистических странах с середины 80-х годов и которые заставили по-новому взглянуть на многие проблемы экономической теории. Поэтому некоторые положения и выводы, постановки проблем и предлагаемые пути их решения нуждаются в уточнении и соответствующей корректировке. Однако можно с уверенностью утверждать, что материалы монографий послужат базой для углубленного изучения и взаимного *использования* опыта братских стран

Политика распределения на этапе развитого социализма

Качественно новый этап социального развития, в который вступила наша страна, содержит в себе огромные потенциальные возможности интенсификации общественного прогресса, прежде всего за счет более полного использования человеческого фактора и роста социальной активности членов общества. Однако реализация этих возможностей ставит перед партией и обществом ряд сложных, а порой принципиально новых проблем, требует изменения методов социальной политики.

Новый круг долговременных задач, который встал перед социальной политикой в связи с поворотом к всесторонней интенсификации производства и широкому использованию качественных факторов роста производства, требует нового, комплексного решения проблемы материального стимулирования трудящихся, являющегося решающей частью отношений распределения.

Система распределения охватывает средства производства, рабочие силы и предметы потребления. Распределение связано с коренными вопросами производства и обмена, от него зависит удовлетворение жизненных интересов трудящихся, и поэтому политика распределения — важнейшая часть политики Коммунистической партии и Советского государства.

Многогранная роль распределительных отношений освещается в коллективной монографии «Совершенствование отношений распределения» (ответственные редакторы — член-корреспондент АН СССР Е. И. Капустин и доктор экономических наук А. В. Вихляев), вышедшей в свет в 1985 г. в издательстве «Наука».

Исследование охватывает широкий круг проблем, которые поставил перед учеными-экономистами июньский (1983 г.) Пленум ЦК КПСС.

Особое внимание в работе уделяется совершенствованию распределительных отношений на этапе развитого социализма.

Социалистическая политика распределения выступает, говоря словами К. Маркса, как «предэкономический факт», поэтому при социализме распределение в большей, чем когда-либо, степени становится орудием политики. Учет и контроль за количеством труда и распределением продуктов В. И. Ленин назвал сутью социалистического преобразования при диктатуре пролетариата (Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 35, с. 199—200).

На современном этапе, подчеркивают авторы, опосредуя связь производства и потребления, социалистические распределительные отношения служат формой активного воздействия общества на повышение эффективности производства.

В условиях социализма хозяйственная деятельность народа, его государства определяется действием системы объективных экономических законов. И не случайно авторы акцентируют внимание на экономических законах, выражающих сущность распределительных отношений при социализме. Отношения распределения активно воздействуют как на саму цель социалистического производства, так и на средства достижения этой цели, обеспечивают оптимальное сочетание интересов личности, коллектива и общества.

При социализме распределение материальных и духовных благ между членами общества объективно осуществляется в двух формах: в виде распределения по труду и в форме распределения через общественные фонды потребления. Подчеркивается, что обе формы распределения необходимы и противопоставлять их друг другу было бы неправильно. Однако при социализме решающим и преобладающим остается распределение по труду. В настоящее время около 80% прироста доходов трудящихся обеспечивается за счет роста заработной платы, удельный вес которой в доходах населения на протяжении 70—80-х годов практически не изменяется и составляет 73—74%.

Улучшение организации труда обеспечит широкие возможности для высокопроизводительной и творческой работы, усилит стимулирующую роль оплаты по труду.

Сущность социалистической системы распределения средств потребления раскрывается авторами во взаимодействии двух его современных тенденций социалистического равенства и более последовательного распределения по труду. При социализме происходит сближение уровней жизни всех групп трудящихся, и эта тенденция будет набирать силу. Вместе с тем главным критерием распределения при социализме может быть только труд — его количество и качество.

Авторы отмечают, что построение развитого социализма и постепенное перерастание социалистической экономики в коммунистическую изменяет, совершенствует политику распределения жизненных средств. Особое внимание уделяется тому, что социалистический принцип распределения проводится во всех секторах народного хозяйства и господствующий принцип распределения по труду дополняется принципом распределения по потребностям. Поэтому в общественных фондах потребления (их удельный вес составляет $^1/_3$) можно выделить ростки коммунистического распределения. Распределение по труду по мере успехов коммунистического строительства все полнее должно сочетаться с распределением по потребностям.

Экономическим основанием равенства в распределении предметов потребления при социализме является равенство трудового вклада, все большее превращение всех видов труда в социально однородный труд, выравнивание производительности труда. Гар-

моническое сочетание равенства по труду и равенства фактического — это сочетание социалистического принципа и коммунистического.

Как отметил июньский (1983 г.) Пленум ЦК КПСС, успех в воспитательной работе немыслим без последовательной борьбы за строгое соблюдение социалистического принципа распределения, правильное использование общественных фондов потребления.

Сформулировав принципы формирования распределительных отношений, характеризующие не только главные направления их совершенствования, но в значительной мере концепцию прогнозирования жизненного уровня и конкретные предложения по реализации социальной программы роста народного благосостояния, авторы завершают исследование важнейшей проблемой сбалансированного развития экономики.

Распределительные отношения при социализме призваны устранить возможности образования нетрудовых доходов и обеспечить распределение трудовых доходов в соответствии не только с количеством и качеством труда, но и с учетом его конечных результатов. С результатами труда должно быть связано и предоставление услуг за счет общественных фондов потребления, кроме услуг в сферах образования и медицинского обслуживания, не зависящих от принципа оплаты по труду.

От системы распределительных отношений зависит спрос на товары и платные услуги, а также заинтересованность каждого занятого в народном хозяйстве в росте производительности труда. Необходим опережающий рост производительности труда по сравнению с фондом его оплаты. Нарушение этого объективного экономического требования порождает, в частности, рост спроса, который не может быть полностью удовлетворен при данном уровне развития производительных сил страны.

Об эффективности фундаментальных исследований в странах социализма

По инициативе Берлинского регионального центра Всемирной федерации научных работников (ВФНР) в ноябре 1985 г. в Берлине (ГДР) состоялся научный симпозиум «Факторы, влияющие на качество научных исследований в социалистических странах». В работе симпозиума приняли участие руководители ВФНР, национальных союзов и федераций научных работников, а также ученые и специалисты социалистических стран.

С основным докладом на симпозиуме выступил профессор Г. Крёбер *(Kröber* — ГДР). Он отметил, что современный этап социально-экономического развития братских стран характеризуется переводом их экономики на путь интенсивного развития, в основу которого положено ускорение научно-технического прогресса. Это означает необходимость интенсификации воспроизводственного цикла в целом и каждого его звена в отдельности, включая поисковые, фундаментальные и прикладные исследования.

Особенно возрастает значение фундаментальных исследований. Решающую роль в повышении их эффективности и качества играют квалификация научных кадров, структура исследований, состояние материально-технической базы науки, информационная составляющая научного потенциала, организация исследовательского процесса, вопросы планирования и стимулирования.

Особое внимание уделил докладчик опыту ГДР. Главное внимание здесь уделяется обеспечению надежной связи между наукой и производством. С этой целью постоянно совершенствуется основная организационная форма воспроизводственного процесса — комбинаты, в рамках которых в настоящее время сосредоточено свыше 90% промышленного научно-технического потенциала республики. Органическая связь науки и производства в них способствует повышению отдачи научного потенциала и ускорению внедрения научных достижений в производство. Степень ежегодного обновления продукции на ведущих комбинатах страны благодаря этому достигла 30%. Большой объем исследований по заказам комбинатов выполняют учреждения академии наук ГДР (до 45%). Обеспечена надежная связь планов производства с планами научных центров на комбинатах.

Профессор Ш. Лендьел (Lendyel — ВНР) в своем выступлении затронул проблемы укрепления материально-технической базы науки, в частности научного приборостроения. Он остановился на опыте обмена приборами между Институтом химических исследований АН ВНР с родственными по профилю институтами и центрами ГДР.

Доктор В. Меске *(Meske* — ГДР) рассказал об опыте развития научного приборостроения в ГДР, где достигнуты неплохие результаты по технической оснащенности труда научных работников. Достаточно сказать, что темпы роста фондовооруженности в науке ГДР не отстают от высоких темпов роста фондовооруженности в промышленности. Институт по научному приборостроению АН ГДР — один из крупных научных центров страны, который занимается не только разработкой приборов, но и их доведением до уровня практического использования. Целый ряд приборов экспортируется как в социалистические страны, так и на Запад. Вместе с тем проблема дальнейшего укрепления материально-технической базы науки остается для ГДР весьма актуальной.

Задачам широкого использования средств информатики, вычислительной техники и автоматизации научных исследований посвятил свое выступление академик К. Серафимов (НРБ). Значительное достижение болгарских ученых — создание первого в социалистическом лагере персонального компьютера, телеметрических систем для работы в космосе и для исследований в области сейсмологии. Вместе с тем еще не преодолен своеобразный психологический барьер, недостаточно используется даже то сравнительно небольшое количество такой техники, которое имеется сегодня в сфере науки. Поэтому чрезвычайно важно создать систему международной информации по автоматизации исследований, обмену технической документацией, проведению симпозиумов и других мероприятий в рамках сотрудничества ученых социалистических стран.

Профессор А. Захариев (НРБ) остановился на совершенствовании управления научно-технической сферой. Научно-техническая политика Болгарии предполагает приоритетное развитие собственного научно-технического потенциала в областях, непосредственно связанных с социально-экономическим развитием страны, с ее участием в муждународном социалистическом разделении труда, с исследованиями, по которым страна имеет сложившиеся традиции и научные школы. Такая стратегия придаст научному фронту большую гибкость, способность своевременно реагировать на сдвиги в решающих направлениях научно-технической революции, быстро отвечать на меняющиеся требования экономической политики.

Академик В. Ланда *(Landa* — ЧССР) рассказал о проводимых в ЧССР мерах по улучшению территориального размещения объектов науки. Научные организации родственного профиля, объединенные в одном ареале (по типу Научного центра в Пущино или Южночешского биологического центра в Чешских Будейовицах), имеют возможность комплексно решать научные проблемы, в том числе совместно использовать дорогостоящее современное оборудование и приборы, создавать общую структуру обслуживания (включая хозяйственное), активно сотрудничать с промышленными организациями района, помогая его развитию.

Профессор В. Михович *(Michovicz* — ПНР) говорил о необходимости повысить эффективность общественных наук, об оптимальных пропорциях между общественными и естественными, а также между фундаментальными и прикладными науками.

В докладе академика Н. Теодореску *(Teodorescu* — СРР) были рассмотрены мероприятия РКП в области научно-технической политики страны. Принята национальная программа повышения технического уровня и качества продукции. Важным элементом государственной научно-технической политики стало стимулирование изобретательской

деятельности в науке. В этой связи академик Н. Теодореску подчеркнул роль профсоюза работников науки и культуры СРР в развитии движения изобретателей как в сфере науки, так и в высшей школе.

Во многих докладах и выступлениях затрагивались вопросы программно-целевого подхода к управлению развитием науки и техники, подготовки научных кадров, экономического стимулирования научного труда.

В соответствии с решениями Экономического совещания стран — членов СЭВ на высшем уровне (Москва, июнь 1984 г.), осуществляется переход на новый этап сотрудничества, связанный с формированием согласованной, а по некоторым направлениям и единой научно-технической политики. Комплексная программа научно-технического прогресса стран — членов СЭВ до 2000 г. открывает возможность на основе объединения усилий, концентрации материальных и интеллектуальных средств сделать решительный рывок вперед и выйти на передовые рубежи развития науки и техники.

Внешняя политика развивающихся стран

Одна из отличительных особенностей современной эпохи — вступление прежде порабощенных нвродов на путь независимости и возникновение десятков молодых государств, повышение их удельного веса и роли в мировой политике и экономике. За последние 15—20 лет произошли важные перемены во внешнеполитической и внешнеэкономической стратегии развивающихся стран. Глубокий анализ своеобразного положения освободившихся стран в международной жизни, проводимого ими внешнеполитического курса дан в серии трудов «Внешняя политика развивающихся стран».

Серия включает пять коллективных монографий: «Общие проблемы и методология исследования», «Внешняя политика стран Азии», «Внешняя политика стран Африки», «Внешняя политика стран Ближнего и Среднего Востока», «Внешняя политика стран Латинской Америки», которые вышли в свет в издательстве «Международные отношения» в 1981—1984 гг. Авторы этих фундаментальных трудов — видные ученые стран социалистического содружества — Венгрии, ГДР, Польши, Чехословакии и Советского Союза. Общее научное руководство осуществлял международный редакционный совет, в состав которого входили представители всех научных центров, принимавших участие в реализации программы исследования.

Возрастание роли независимых государств Азии, Африки и Латинской Америки во всей системе современных международных отношений раскрывается в книгах на примере позиции этих стран по основным общемировым вопросам, среди которых ведущее место принадлежит перестройке международных экономических отношений на равноправной и справедливой основе, борьбе за разоружение и безопасность народов, комплексу отношений развивающихся стран с бывшими метрополиями и другими империалистическими державами, сотрудничеству развивающихся государств между собою и с социалистическими странами.

Авторы исходят из того, что на международной арене сложилась большая группа государств, которых, несмотря на имеющиеся различия в уровне экономического развития, общественном и политическом строе, национальных традициях, подходе к тем или иным преблемам, сближают и объединяют многие общие черты и интересы. В их числе — колониальное прошлое и необходимость его преодоления, острое противоречие между политической самостоятельностью и экономической зависимостью, отношение империализма к этим странам как к объекту неоколониальной политики, их стремление добиваться повышения своей роли в мировой политике и экономике.

Все это определяет то своеобразное положение, которов освободившиеся страны занимают в международной жизни. В целом они уже не входят в политическую систему, объединяющую империалистические государства, но остаются в мировом капиталистическом хозяйстве, являясь его эксплуатируемой и неравноправной частью. Из-за тесных связей с мировым капиталистическим хозяйством от этой зависимости в той или иной мере не свободны даже страны социалистической ориентации, хотя избранное ими направление развития, их политический курс обеспечивают наибольшие возможности решительно противостоять империалистическому диктату.

Отношения освободившихся стран с бывшими метрополиями и другими западными державами в трудах серии рассматриваются через призму реакции развивающихся государств на политику соответствующей империалистической страны, одновременно раскрываются причинные связи конкретных двйствий отдельных молодых государств. Главная задача их внешнеполитической деятельности — борьба за равноправие, против неоколониализма во всех его формах и проявлениях. Авторы выявляют общие закономерности и специфические особенности во взаимоотношениях стран Азии, Африки и Латинской Америки с США, Великобританией, Францией, ФРГ, малыми государствами Западной Европы, Японией, а также в рамках ассоциированного членства в Европейском экономическом сообществе («Общем рынке»).

В книгах убедительно раскрывается, что главное препятствие на пути к коренному изменению положения освободившихся стран, в том числе и повышения их удельного веса в мир политике и экономике, — это им лизм и его неоколониалистская политика, совокупность неравноправных отношений, жертвой которых они остаются. Империализм не только обрек эти страны на длительное колониальное порабощение, он и по сей день продолжает политику их ограбления. Сталкиваясь с невозможностью перекраивать, как некогда, политическую карту мира, он стремится подорвать суверенитет освободившихся государств обходным путем, особенно активно используя экономические рычаги. Продолжает расти пропасть в уровнях производства валового внутреннего продукта на душу населения между капиталистическими и развивающимися странами. Огромных размеров достигла финансовая задолженность империалистическим государствам. Экономическое воздействие частично осуществляется способами, которые в значительной мере воспроизводят отношения колониального и полуколониального периода, разумеется, при соответствующем их приспособлении.

Но все больше делается ставка на более интенсивные связи развивающихся государств, особенно добившихся сравнительно высокого уровня хозяйственного развития, с индустриальными центрами капитализма, прежде всего на базе деятельности транснациональных корпораций. Одновременно осуществляются и попытки вновь подключить эти страны к политической системе империализма, используя проекты типа «тихоокеанского сообщества». Империализм не отказался и от использования, особенно в отношении стран социалистической ориентации, средств открытого военного давления. Поэтому вполне правомерен вывод, что противодействие неоколониализму, империалистической политике диктата остается для освободившихся стран одним из главных направлений их внешнеполитической деятельности.

В серии получили широкое освещение проблемы сотрудничества развивающихся государств между собой, значительно активизировавшегося в 70-е годы. Многосторонние отношения между странами Африки, Азии и Латинской Америки складываются в первую очередь в рамках Движения неприсоединения и Организации солидарности народов Азии и Африки. В современных условиях на первый план в деятельности различных межправительственных организаций освободившиеся государств выступают задачи достижения экономической самостоятельности и развития экономического сотрудничества. Эти, а также ряд других проблем взаимоотношений [illegible] суверен [illegible] ются

империалистической борьбы; с другой — наличия серьезных разногласий между отдельными странами и группами стран в политической, экономической и других сферах международного общения. Соотношение единства и противоречий в этой области, как показывают авторы, зависит от многих факторов: социально-экономическая дифференциация, неравномерность экономического развития, внутриполитическая неустойчивость во многих странах, причины которой коренятся в самой природе их социально-экономического строя, подрывная деятельность империализма и международной реакции. Однако продолжающаяся социально-политическая и экономическая дифференциация среди освободившихся стран отнюдь не ведет к утрате присущих им всем общих черт, но придает им специфические формы проявления. К числу важнейших из них относится и объективная антиимпериалистическая направленность их внешнеполитического курса.

Разумеется, тенденции и формы антиимпериалистической борьбы не остаются неизменными. Огромное значение сейчас имеет, например, противодействие новейшим формам неоколониализма, отпор агрессивной политике империализма и обуздания взвинчиваемой им гонки вооружений, в которую вовлекаются и развивающиеся стрены.

Антиимпериалистическая борьба бывших порабощенных народов прежде всего прокладывает путь к решению актуальных задач самих этих стран. Но одновременно она имеет и важное международное значение. В увеличении ее вклада в общемировую борьбу против империалистической политики агрессии и диктата заинтересованы все демократические, миролюбивые силы на земле. И в этом внешняя политика освободившихся государств находит прочную и всестороннюю поддержку со стороны стран социалистического содружества, которые выступают за то, чтобы возрастающее влияние этих стран все больше содействовало делу мира и социального прогресса.

В серии показывается, что взаимоотношения развивающихся стран с государствами социалистического содружества — новый тип международных отношений, ведущие принципы которых — интернациональная поддержка народов, противостоящих империалистическим и другим реакционным силам, усилия по поддержанию мира и ликвидации очагов международной напряженности, признание права всех народов на самоопределение, равноправие и невмешательство во внутренние дела друг друга, взаимное уважение суверенитета и территориальной целостности, мирное урегулирование спорных проблем, уважение прав человека и основных свобод. На конкретных примерах авторы выявляют огромный вклад стран социалистического содружества в борьбу развивающихся стран за свое мирное, независимое и равноправное развитие. Особое внимание уделяется специфическим чертам политических взаимоотношений между развивающимися странами социалистической ориентации и социалистическими государствами, которых сближают идеалы социализма, дело социального прогресса.

Восток — Запад: экономическое сотрудничество

Состояние и перспективы развития торгово-экономических связей между странами социалистического содружества и странами Запада широко обсуждались на международной научной конференции «Тенденции координации торгово-экономической политики развитых капиталистических стран по отношению к странам — членам СЭВ», состоявшейся осенью 1985 г. в Москве. Конференция была организована Международным институтом проблем мировой социалистической системы Совета Экономической Взаимопомощи. В ней приняли участие ученые и специалисты из Болгарии, Венгрии, Германской Демократической республики, Польши, Чехословакии и Советского Союза.

Экономическое сотрудничество социалистических стран с западными государствами прошло несколько этапов. После провала торгового бойкота стран социализма, проводившегося капиталистическими государствами в годы «холодной войны», наступило значительное оживление торгово-экономических связей между странами обеих мировых систем, чему немало способствовала разрядка международной напряженности в 70-х годах. Однако уже к началу текущего десятилетия они заметно ослабли.

Основная цель конференции — выявить причины ухудшения условий экономического сотрудничества между капиталистическими государствами и странами СЭВ. Первопричина этого кроется в милитаристской политике США и некоторых их союзников, усилении торговой дискриминации стран — членов СЭВ (так называемая практика санкций, маскируемая различными надуманными предлогами), углублении общего кризиса капитализма. Западные государства и прежде всего США нарушают нормы международного права, что противоречит духу и букве Заключительного акта Хельсинкского совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе.

На конференции отмечалось, что политика эмбарго, потерпевшая провал в послевоенные годы, в настоящее время, когда страны социализма достигли высокого уровня экономического развития и по достижениям во многих областях науки и техники не уступают западным государствам, становится еще более несостоятельной.

Западные фирмы, в том числе японские, американские, английские, западногерманские, все чаще закупают в странах СЭВ лицензии на использование важных научно-технических разработок (по сварочной технике, подземной газификации угля, непрерывной разливке стали, выплавке особо чистых металлов и т. д.)

Однако не считаясь с реальной обстановкой, США и их союзники, как отмечалось на конференции, упорно держат курс на подрыв экономических связей со странами СЭВ, превращение обычных коммерческих операций в средство политического давления на них. В частности, обмен технологией и связанные с ее приобретением кредиты, которые сравнительно широко использовались в обменах Восток — Запад в 70-е годы, США считают выгодными лишь для социалистических стран и невыгодными для капиталистических. По мнению вашингтонских стратегов, посредством такого обмена СССР и другие страны социализма приобщились, причем на льготных условиях, к современной технологии, которую они якобы не способны создать сами, и злонамеренно использовали ее для перевооружения. И будто бы стратегические интересы Запада вынуждают их «довооружаться», чтобы наверстать упущенное. По существу же, этим они прикрывают свои попытки нарушить военное равновесие и вернуть себе утраченное превосходство.

Участники конференции раскрыли истинный смысл американской политики, направленной на ограничение доступа стран — членов СЭВ к западной технологии. Чтобы изолировать социалистические страны от мирового рынка технологии, в законодательство США были введены новые меры по ограничению экспорта в страны социализма «стратегических товаров» и технологий. Они «отвечают целям внешней политики США», обеспечивают «максимально возможное единообразие» применения этих мер всеми союзниками США, исключают аналогичные поставки развивающимся странам. Под угрозой «отлучения от американского рынка и американской технологии» нейтральные и неприсоединившиеся страны также вынуждены в той или иной мере соблюдать введенные Соединенными Штатами ограничения.

Такая политика западных держав подрывает основы мирового хозяйства и даже вызывает критику и возражения со стороны некоторых деловых кругов этих стран. Например, с негодованием в мире была встречена попытка США наложить запрет на поставку оборудования для газопровода Сибирь — Западная Европа. По существу, такие запрещения невыгодны не столько американским фирмам, сколько фирмам других капиталистических стран, традиционно имеющим более прочные деловые связи со странами социализма.

Негативная позиция американской администрации в отношении торговли и научных обменов Восток — Запад не отвечает интересам развития международного сотрудничества в условиях научно-технической революции, значи-

тельно ускорившей процесс интернационализации и усилившей взаимозависимость всех участников мирового хозяйства.

В выступлениях участников конференции отмечалось, что широкое мирное сотрудничество в овладении достижениями научно-технической революции — взаимовыгодный процесс. В международный обмен технологией страны социализма способны вносить и вносят, в том числе и по направлению Восток — Запад, свой равноценных вклад. Страны СЭВ выработали эффективные меры коллективного противодействия политике капиталистических государств, переориентировали свои торговые потоки на более надежных партнеров в развивающемся мире и на Западе.

Филология

Третий том «Истории всемирной литературы»

Третий том «Истории всемирной литературы» (М., Наука, 1985) охватывает относительно небольшой период времени — в основном три столетия, с XIV по XVI. Но его значение для развития мировой культуры трудно переоценить. Это — эпоха Возрождения.

В предыдущих томах речь шла о литературах, которые в силу общности исторического времени приходили к поразительной синхронности результатов. Теперь же пути литератур Запада и Востока расходятся. Первая вступает в особую и точно дифференцированную эпоху, означающую конец средневековой культуры во всей широте этого термина. Для литератур Востока средневековье продолжается, средневековыми большинство из них останется и за пределами данного периода — нового сближения, новой унификации литературного развития приходится ждать до середины XIX в.

В советской исторической науке некоторое время активно обсуждалась гипотеза о так называемом всемирном Возрождении. У нее были авторитетные сторонники, главным образом из числа востоковедов, против нее выдвигались сильные контраргументы. Она осталась спорной и как таковая редколлегией издания принята не была. Тем не менее нельзя отрицать — и материал тома дает тому конкретные подтверждения, — что в ряде литератур, удаленных от европейского Средиземноморья, от колыбели Возрождения, наблюдались явления, в чем-то близкие собственно ренессансным, выходящие за рамки средневекового литературного канона и даже прямо ему противоречащие. В книге они определяются как «процессы, аналогичные ренессансным», что, по мнению авторов, «помогает избегать слишком широкого применения дефиниции Возрождение и одновременно позволяет анализировать в ключе исходного понятия те явления в культуре, которые обладали признаками Ренессанса, например, порождали художественные индивидуальности возрожденческого типа, были связаны с антифеодальным гуманизмом и возвращением к древности, имели, как и Возрождение, специфически опосредствованную народную основу, но в силу неблагоприятных внутренних или внешних обстоятельств не образовывали особой культурной эпохи» (История всемирной литературы, т. 3, с. 7—8).

Не следует думать, что «процессы, аналогичные ренессансным», — лишь более осторожная формулировка, чем «всемирное Возрождение». Это формулировка более диалектичная. Становлению Возрождения в Италии и ряде других стран Европы способствовали особые, присущие только данному региону общественно-экономические и историко-культурные факторы. Возрождение — это революция, вспыхнувшая не на пустом месте, а подготовленная всем ходом развития средневековой культуры, представляющая как бы ее самоотрицание. Однако при всей своей революционности Ренессанс рвет со средневековьем не до конца: они принадлежат единому общественно-историческому фазису и может быть постулирована их принадлежность единой поэтологической эпохе — эпохе словесного традиционализма. Некоторые фундаментальные средства постижения и отражения действительности проходят через античность, средние века, Возрождение почти или совсем без изменений. «Процессы, аналогичные ренессансным», — это не Ренессанс, не ослабленное подражанием подобие, это высшая степень зрелости средневековой культуры, которая заключает в себе ростки будущего, но идет эволюционным путем, не зная резких переломов и категорических отрицаний.

Один из методологических принципов издания — обобщение научного опыта. Ракурс, даваемый «Историей всемирной литературы», позволяет и в истории литературоведческих идей отделить то, что сохранило силу концепции, от того, что приобрело стойкость предрассудка.

Культура Возрождения — антифеодальная, светская, сломившая духовную диктатуру церкви, выдвинувшая человека в центр художественного миропорядка. Все характеристики бесспорны. Но чья это культура, интересы какой социальной группы она отражала, какой общественной практикой вдохновлялась? Вопросы, казалось бы, тривиальные, но ответ на них далеко не самоочевиден. Если антифеодальная, значит, буржуазная — есть и такой ответ. Идейная сущность Ренессанса — это как бы прямая идеологическая проекция раннекапиталистического уклада в западноевропейском городе. Антифеодальная, но не народная, замкнувшаяся в духовном аристократизме, отгородившаяся от истории и исторических трудностей, утверждающая титаническую самодостаточность индивида в ущерб целому народу и нации — такой ответ тоже есть. Антифеодальная и антибуржуазная, утверждают авторы тома. Культура, порвавшая с сословной ограниченностью средневековья, но не пошедшая на поклон к буржуазной ограниченности зарождающегося капитализма. Культура по самой своей гуманистической сути безграничная, открывающая бесконечную значимость человека и поставившая ее своей целью, и именно поэтому народная, хотя ее народность иного плана, чем в средневековой литература, чья связь с собственно фольклором была несравненно теснее. «Опосредованная» народность литературы Возрождения понимается как «объективное отражение основных интересов складывавшихся наций в большой исторической перспективе» (там же, с. 9). Социальный пафос ренессансной литературы решительно отделен и от косности позднесредневекового бюргерства и от хищнического нахрапа «рыцарей первоначального накопления».

Авторы не пытаются подвести все многообразие литературного процесса под единую рубрику, представить ход его непременно прямым. Наоборот, они всячески акцентируют тот факт, что литературное развитие в данную эпоху шло по сложным и извилистым кривым. Распределение материала по главам и разделам отражает литературное движение во всей его сложности и противоречивости. Тем самым вскрывается фундаментальное значение в историко-литературном процессе тех стран и регионов, которые традиционно отодвигались на периферию. Не случайно первая глава тома посвящена Византии, этой цитадели застоя, как еще недавно было принято думать. «Срединное», на границе Востока и Запада, положение Византийской империи — не только географический факт. Это государство выступает как аккумулятор культурных ценностей, которым [illegible]
тивное историч[illegible]
ждому Византи[illegible]
было ему [illegible]
тради[illegible]
сти, [illegible]
[illegible]

исихастов и навыки эллинистического отношения к слову, ожившие в «плетении словес» (там же, с. 32).

Неоязычество и исихазм*, традиции светской культуры и религиозной духовности, выступавшие на собственной родине как непримиримые противники, в своей исторической миссии оказываются парадоксальным образом почти союзниками. Завещанные Византией идеи подключаются к процессу становления Возрождения в Италии. На Руси они питают предренессансные явления. Это только один из примеров сложных путей исторического прогресса в ту эпоху. Византийское влияние, охватывая Европу, проникает и в Закавказье, где встречается с воздействием Востока, идущим из Ирана и через Иран, и на Ближний, Средний Восток, в Среднюю Азию, где уже слышны отзвуки индийской культуры. Лишь с дальнейшим продвижением на Восток, туда, где тысячелетние культуры Индии и Китая собирают вокруг себя молодые литературы своих регионов, затухает влияние Византии как некоего универсального посредника в мировой циркуляции идей и художественных форм.

Ход изложения в томе — от Византии на юг Европы, далее на ее запад и к центру, на европейский восток, на восток азиатский, к крайним оконечностям Евразии — подчиняется хронологии, воспроизводит исторически сложившиеся пути литературных взаимосвязей, контактов, наконец, вскрывает динамику литературного процесса, которому сравнительный анализ сообщает новые и уточняет привычные характеристики. На фоне общности контрастнее выделяются: особая роль Италии в становлении Возрождения, России — в «собирании» культуры, рассеянной татаро-монгольским игом, Грузии, Армении, Азербайджана — в осуществлении синтеза западно-восточных культур, Индии и Китая — в самоопределении литератур Бирмы, Лаоса, Камбоджи, Индонезии, Вьетнама, Кореи. В этом плане третий том «Истории всемирной литературы» не только итог, но и доказательство неисчерпанности сравнительно-исторического взгляда на литературу.

VI Международный конгресс финно-угроведов

В июле 1985 г. в столице Коми АССР г. Сыктывкаре состоялся VI Международный конгресс финно-угроведов (МКФУ). Международные конгрессы финно-угроведов являются одной из важных форм научного сотрудничества и с 1960 г. традиционно проводятся раз в пять лет поочередно в Венгрии (1960, 1975), Финляндии (1965, 1980) и Советском Союзе (1970 — Таллин, 1985 — Сыктывкар).

За истекшую четверть века они сыграли немалую роль в том, что мировое финно-угроведение, под которым ранее имелось в виду в основном финно-угорское языкознание, превратилось в комплексную науку, объединяющую языкознание, литературоведение, фольклористику, этнографию, антропологию, археологию, что позволяет в совокупности этих отраслей знания наиболее успешно решать проблемы истории и современных процессов развития финно-угорских народов и их культур.

VI МКФУ собрал более 700 ученых из 16 стран, в том числе из Венгрии, ГДР, Чехословакии, Финляндии, Франции, ФРГ, Великобритании, США, Италии, Японии и др. Было представлено около 650 докладов и сообщений. Проведено два пленарных заседания.

В докладе академика Ю. В. Бромлея, В. В. Пименова и Н. В. Шлыгиной (СССР) «Современные этнокультурные процессы у народов финно-угорской семьи в СССР» отмечалось, что с этнографической точки зрения эти народы не представляют такого же единства, какое обнаруживает лингвистика в их языках. В историко-культурном отношении они теснее связаны не друг с другом, а с соседними народами иной языковой принадлежности, с которыми вступали в постоянные и устойчивые контакты и находились на одной ступени социально-экономического развития. Поэтому в этнографическом плане наиболее плодотворен региональный подход к их изучению.

Американский исследователь профессор Р. Аустерлиц *(Austerlitz)* посвятил свое выступление некоторым вопросам древней истории пермских языков и народов. Он выдвинул, в частности, гипотезу их расселения, в соответствии с которой экспансия коми характеризовалась как «центробежной», так и «центростремительной» направленностью, т. е. создавшиеся «колонии» не утрачивали тесной связи с прародиной — «пермским центром», следствием чего была слабая дифференциация диалектов.

Профессор Л. Хонко (*Honko*, Финляндия) на примере фольклора, отражающего широко распространенный у финно-угорских народов культ медведя, показал эффективность сравнительного феноменологического анализа для реконструкции мировоззрения древних народов.

В докладе президента VI МКФУ, председателя Советского комитета финно-угроведов академика АН Эстонской ССР П. Аристэ и А. Лаанеста подведены итоги исследований ученых СССР и Финляндии в области изучения прибалтийско-финских языков за последнее пятилетие и намечены новые проблемы.

Основная работа конгресса прохо[ди]ла в 13 секциях и подсекциях по лингвистике, этнографии, археологии и физической антропологии, фольклористике и литературоведению, социально-экономическому развитию Коми АССР.

По традиции самый большой раздел программы конгресса составило языкознание. На трех секциях заслушано свыше 220 сообщений по очень разнообразной тематике: древней истории уральских языков, диалектологии, фонетике, морфологии, синтаксису, лексике, исследуемых в синхроническом и диахроническом аспектах, лексикографии, исторической лексикологии и др.

Говорилось о контактах между родственными и неродственными (сопредельными) языками, например, прибалтийско-финско-пермскими, уральско-индоевропейскими, финно-угорско-славянскими.

Многие доклады сопровождались оживленной дискуссией. Среди них доклады: Г. Берецки (*Bereczki*, ВНР) — о связях между финно-угорскими и тюркскими языками Поволжья и Прикамья, Р. Хармса (*Harms*, США) — о множественном числе в прибалтийско-финских языках, К. Редеи (*Rédei*, Австрия) — об иранских заимствованиях в пермских языках.

Интересны сообщения лингвистов об исчезновении гармонии гласных и его последствиях в пермском вокализме, о мотивации в системе локальных падежей, послелогов и наречий пространственного значения в пермских языках, реконструкции гласной системы первого слога в протокоми, протоудмуртском и протопермском языках и др.

В одних докладах были представлены удачные решения вопросов, в других — определены проблемы, требующие дальнейшей всесторонней разработки. Научный уровень выступлений, разнообразие тем, их значительность, отмечалось на заключительном пленарном заседании, свидетельствовали о заметном прогрессе в области финно-угорского языкознания.

На секции этнографии рассматривались проблемы этногенеза, этнической истории и этнокультурных связей финно-угорских народов, особенности их материальной культуры, хозяйственных занятий и семейного быта, народного искусства и др.

Участники секции археологии и антропологии заслушали археологов, работающих на территориях Венгрии, СССР, Финляндии и Норвегии. Ученые остановились на роли угорского этноса в формировании раннесредневекового населения северо-восточной Европы, славяно-финно-угорских исторических и культурных связях и отношениях древних финно-угорских племен и народностей с иранским, германским, самодийским этносами. На основе краниологических* и иных материалов освещались вопросы происхождения угров, саамов и других народов.

Особый интерес вызвала тема «Этно-

* Краниология — в антропологии — изучение вариаций размеров и формы черепа в целом, а также отдельных его частей. — *Ред.*

генез пермских народов», вынесенная на межсекционное обсуждение.

В настоящее время выявились два направления в понимании этногенеза средневековых пермских народностей. Представители первого, базируясь целиком на данных археологии, относят дифференциацию пермской этноязыковой общности к раннему железному веку. Сторонники второго направления, привлекая лингвистику, считают, что эти процессы происходили в более поздний период. Возникла острая потребность в научной систематизации обширного новейшего археологического и лингвистического материала, способного внести ясность в эту сложную проблему.

Литературоведы и фольклористы говорили об истории и современном развитии самобытных финно-угорских литератур, их взаимовлиянии, жанровом и стилистическом обогащении, связях этих литератур с литературами соседних народов, о результатах сравнительно-исторических исследований фольклоре финно-угорских народов и контактов их культур со славянскими, германскими и тюркскими культурами, об исторической и этнической эволюции конкретных фольклорных жанров, их специфике и взаимодействии, особенностях народной музыки.

Специальное заседание было посвящено 150-летию со дня первой публикации известного памятника карело-финского эпоса — «Калевалы».

Конгресс единодушно принял Обращение в защиту мира.

Решено следующий, VII МКФУ провести в Дебрецене (ВНР) в 1990 г.

IV Всесоюзная тюркологическая конференция

В сентябре 1985 г. в г. Ашхабаде проходила IV Всесоюзная тюркологическая конференция, организованная отделениями литературы и языка (ОЛЯ) и истории АН СССР, Советским комитетом тюркологов при ОЛЯ АН СССР и Академией наук Туркменской ССР.

В ней приняло участие свыше 250 научных работников и преподавателей из Москвы, Ленинграда, Тбилиси, Еревана, Львова, всех тюркоязычных союзных и автономных республик и областей, а также гости из ВНР, ГДР и Австрии.

На общем пленарном заседании были заслушаны обзорные доклады о развитии тюркологии в СССР за последние пять лет, а также об основных проблемах и задачах этой науки.

Дальнейшая работа конференции проходила по секциям и подсекциям.

Обобщая выступления на секции языкознания, можно отметить вполне определенную тенденцию в области развития тюркологии к интерпретационному и теоретическому переосмыслению уже имеющихся в распоряжении науки фактов.

Так, наиболее оживленную дискуссию вызвали вопросы, связанные с формированием древних литературных языков и определением линий и степени преемственности между ними и современными тюркскими языками. Первоначальное представление о том, что язык древнетюркских письменных памятников, прежде всего руниче ских (VIII—IX вв.) и древнеуйгурских (VIII—X вв.), сочетая в себе фонетические и морфологические особенности, присущие различным группам тюркских языков, является их общим предшественником, вскоре сменилось теорией «смешанности»: язык памятников отражает «смешанный» диалект, наподобие пограничных между двумя языками диалектов с признаками обоих языков. В последнее время в эту теорию вносится существенное уточнение: соединение разнородных языковых черт возникало только в функциональной сфере литературного стандарта. В связи с этим извлечение из памятников данных для построения исторических грамматик не литературных, а общенародных (разговорных) языков не может производиться напрямую, но лишь путем своего рода «препарирования», «расслаивания» фактов древней письменности. Методика подобной работы только-только создается и отличается пока значительной долей интуитивных оценок, что в конечном счете и вызывает разногласия. Остроту их усиливает необходимость пересмотра некоторых, недавно казавшихся прочно утвердившимися схем развития языковых форм и категорий.

Для исследований последних двухтрех десятилетий особенно характерно стремление теоретически осмыслить специфические стороны тюркского языкового строя, в отличие от предшествующего периода, когда факты грамматики тюркских языков явно или неявно «примерялись» к фактам языков индоевропейских. Своеобразие тюркских (как и других неиндоевропейских) языков часто состоит не столько в наличии каких-то особых грамматических категорий, сколько в особенностях их функционирования. В ряде докладов и выступлений под таким углом зрения рассматривались специфика традиционных морфологических категорий, включая части речи, принципы разграничения словообразования и словоизменения в тюркской морфологии, определялось место формообразования в системе словообразовательных и словоизменительных категорий. Разбор содержательной стороны явлений синтаксиса, функциональный подход к выделению единиц синтаксической структуры и их иерархизации в свете современной синтаксической теории — одной из бурно развивающихся отраслей языкознания — уже дали и обещают дать еще более заметные результаты.

Важнейшее место на секции литературоведения и фольклористики занял анализ тенденций идейно-художественного развития современных тюркоязычных литератур — туркменской, татарской, киргизской, турецкой и других; становления относительно новых для восточных литератур повествовательно-прозаических жанров — романа и пр.

Особенность творческого метода многих нынешних писателей, таких, как Ч. Айтматов, и классиков — зачинателей национальных литератур, таких, как туркменский поэт и мыслитель XVIII в. Махтумкули, — обращение к устному народному творчеству, фольклорные, в том числе эпические истоки или аналогии многих тем и сюжетов их произведений. Как отмечено в некоторых выступлениях, фольклор — это именно та среда, которая и в языковом, и в художественно-изобразительном отношениях питала зарождавшиеся национальные тюркоязычные литературы.

Более специальные вопросы: генетические и контактные связи в фольклоре тюркских народов в самых различных его жанрах — сказках, героическом эпосе, обрядовой и лирической поэзии и т. д. — рассматривались на заседаниях особой подсекции. Здесь обсуждались приемы и средства художественной изобразительности в произведениях народного творчества, принципы текстологической работы.

Большой интерес участников секции истории вызвал анализ этнокультурных процессов у тюркоязычных народов на основе археологических, исторических, этнографических, языковых и фольклорных данных. Весьма актуальны для этой проблематики исследования межэтнических связей тюрков в различных регионах: туркмен и узбеков, ногайцев и тюрков Северного Кавказа, киргизов и туркмен, татар Поволжья, средневековых булгар и жителей Средней Азии, тюрков и финно-угров в Поволжье и Приуралье.

На заключительном пленарном заседании конференции были подведены итоги работы секций, а также определены наиболее важные исследовательские задачи в области тюркского языкознания, литературоведения и истории на ближайшую перспективу. По приглашению Академии наук Киргизской ССР следующая, V Всесоюзная тюркологическая конференция состоится в г. Фрунзе в октябре 1988 г.

ЧТО МОЖНО ПРОЧИТАТЬ В ДОПОЛНЕНИЕ К СТАТЬЯМ ЭТОГО ТОМА

Дж. ФАРРАНТ.
Культура лимфоцитов — модель иммунитета.
М. ДАБРОВСКИЙ.
Тимус — источник новых лекарств.

Шевелев А. С. Противоречия иммунологии. М., Медицина, 1978.
Петров Р. В. Я или не я. М., Молодая гвардия, 1983.
Иммунология. Под ред. Р. В. Петрова. М., Медицина, 1983.
Говалло В. И. Парадоксы иммунологии. М., Знание, 1983.
Шевелев А. С. Память о будущем. М., Советская Россия, 1985.

А. П. ЛИСИЦЫН, А. М. САГАЛЕВИЧ.
Путешествие на дно океана.

Пикар Ж. Глубина 11 тысяч метров. — М., 1974.
Подражанский А. М. Вижу дно Байкала! — Л., 1982.
Атлас подводных фотографий Красноморского рифта. — М., 1983.
Сагалевич А. М., Богданов Ю. А. 400 уникальных подводных фотографий // Наука в СССР. — 1984. — № 3.
Лисицын А. П. и др. Строение рифта Таджура в Аденском заливе по данным исследования с подводных обитаемых аппаратов // Доклады Академии наук СССР. — 1984. — Т. 279. — № 5.

Д. В. ШИРКОВ.
Новый метод теоретической физики.

Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Введение в теорию квантованных полей. М., Наука, 1984.
Владимиров А. А., Ширков Д. В. Ренормализационная группа и ультрафиолетовые асимптотики. — УФН, 1979, т. 129, с. 407.
Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Ренормгруппа? Это очень просто. — Природа. М., 1984, № 2, с. 3—13.

Р. Г. БУТЕНКО.
Биология клетки и биотехнология.

Биотехнология. М., Наука, 1984.
Культура клеток растений. Под ред. Р. Г. Бутенко. М., Наука, 1981.
Ю. Ю. Глеба, К. М. Сытник. Клеточная инженерия растений. Киев, Наукова думка, 1984.
Жизнь клетки вне организма. М., Знание, серия «Биология», 1975.

Ю. Н. ГЛАЗКОВ.
Человек в открытом космосе.

В скафандре — над планетой! — М., 1965.
Космонавтика. Энциклопедия. — М., 1985.
Справочник по космической биологии и медицине. — М., 1983.
Мост в космос. — М., 1976.

Н. А. БОРИСЕВИЧ.
Пикосекундная техника и сверхбыстрые процессы в сложных молекулах.

Дюге М. Свет, сфотографированный на лету. — УФН, 1973, т. 109, вып. I, с. 157—166.
Сверхкороткие световые импульсы. М., Мир, 1981.
Борисевич Н. А., Толкачев В. А. Генерация излучения сложными молекулами в газовой фазе. — УФН, 1982, т. 138, вып. 4, с. 545—572.
Данелюс Р., Пискарскас А. и др. Параметрические генераторы света и пикосекундная спектроскопия. Вильнюс, Мокслас, 1983.

Н. С. ЕНИКОЛОПЯН, М. Л. ФРИДМАН.
Химия твердого тела — новая наука и новая технология.

Ениколопян Н. С. Композиционные материалы — материалы будущего. — Журнал ВХО им. Д. И. Менделеева, т. 23, 1978, № 3, с. 243—245.
Барамбойм Н. К. Механохимия высокомолекулярных соединений. М., Химия, 1978.
Фридман М. Л., Прут Э. В. Физические и физико-химические воздействия на реологические свойства полимеров в процессах переработки. — Успехи химии АН СССР, т. 53, вып. 2, 1984, с. 309—325.
Жаров А. А. Реакции полимеризации твердых мономеров при их деформации под высокими давлениями. — Успехи химии АН СССР, т. 53, вып. 2, 1984, с. 236—251.
Маргулис М. А. Основы звукохимии. М., Высшая школа, 1984.

Статьи иностранных ученых, опубликованные в этом томе ежегодника, перевели:

Дж. Фаррант. Культура лимфоцитов — модель иммунитета. — Кандидат биологических наук **К. Петракова**
М. Дабровский. Тимус — источник новых лекарств. — **Л. Евтеева**
Д. Мания. Бильцингслебен — стоянка первобытного человека. — **Д. Кортунов**
У. Кинг. Облака: взгляд с исследовательского самолета. — Доктор физико-математических наук **И. Мазин**
С. Гейны, К. Копецки, З. Кропач. Антропогенная растительность — как оценить ее роль? — Кандидат химических наук **А. Мышкин**
Н. Хаджиладис. Соединения платины в химиотерапии рака. — **П. Чельцов-Бебутов**
Ф. Хинкель. Метрология в археологии Судана («Летопись науки», раздел «История, археология»). — Кандидат исторических наук **В. Кулаков**

Редактор переводов статей иностранных авторов — **Р. Чуйкова**

ПАМЯТИ
НИКОЛАЯ
НИКОЛАЕВИЧА
СЕМЕНОВА

25 сентября 1986 года на 91-м году жизни скончался бессменный член редакционной коллегии международного ежегодника «Наука и человечество» выдающийся ученый, один из создателей современной химии, крупный организатор советской науки, член президиума Академии наук СССР, дважды Герой Социалистического Труда академик Николай Николаевич Семенов.

С именем Н. Н. Семенова связана целая эпоха в советской и мировой науке, им созданы общая теория цепных химических реакций и теории процессов горения и взрыва. Исследования и выдвинутые Н. Н. Семеновым идеи определили ход развития созданной им новой отрасли науки — химической физики.

Н. Н. Семенов родился 15 апреля 1896 г. в Саратове. После окончания в 1917 году физико-математического факультета Петроградского университета он начал научную работу в Государственном физико-техническом рентгеновском институте. В 1931 году на базе руководимого Н. Н. Семеновым сектора этого института был создан Институт химической физики АН СССР, директором которого академик Н. Н. Семенов был более полувека.

За цикл работ в области механизма и кинетики цепных химических реакций в 1929 году Н. Н. Семенов избирается членом-корреспондентом АН СССР, а в 1932 году — действительным членом АН СССР. Исследования академика Н. Н. Семенова нашли широкое применение в народном хозяйстве, внесли значительный вклад в укрепление обороноспособности страны.

Н. Н. Семенов был одним из крупных организаторов советской науки, он избирался академиком-секретарем отделения химических наук АН СССР и вице-президентом АН СССР. С 1957 года до конца жизни он был членом президиума АН СССР.

Большую научно-исследовательскую работу Н. Н. Семенов сочетал с подготовкой научных кадров, являлся одним из инициаторов создания Московского физико-технического института, его школу прошли поколения советских ученых.

Научная деятельность Н. Н. Семенова получила широкое международное признание. Он лауреат Нобелевской премии, член многих иностранных академий, университетов и научных обществ. Большое значение имеют общественно-публицистические труды Н. Н. Семенова по философским и социальным проблемам науки. Много сил отдавал он и популяризации новейших открытий, в частности на страницах ежегодника «Наука и человечество».

Многогранна общественно-политическая деятельность Н. Н. Семенова. Он избирался кандидатом в члены ЦК КПСС и депутатом Верховного Совета СССР, в течение ряда лет руководил работой Всесоюзного общества «Знание».

Заслуги Н. Н. Семенова высоко оценены Коммунистической партией и Советским государством. Он дважды удостоен звания Героя Социалистического Труда, награжден девятью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, другими наградами. Ему присуждены Ленинская и Государственные премии СССР, высшая награда Академии наук СССР — золотая медаль имени М. В. Ломоносова.

Самоотверженное служение науке и советскому народу снискали Н. Н. Семенову заслуженное уважение и авторитет. Светлая память о выдающемся советском ученом Николае Николаевиче Семенове навсегда сохранится в наших сердцах.

Наука и человечество. 1987: Доступно и точно о главном в мировой
Н 34 науке. Междунар. ежегодник / Редкол. А. А. Логунов (предс.) и др. — М.: Знание, 1987. — 400 с., ил., портр.

В пер.: 6 р. 20 к. 55 000 экз.

Этот том ежегодника знакомит читателей с последними достижениями советской и зарубежной науки. Его авторы — крупнейшие ученые многих стран мира, лауреаты высших научных премий.

1403000000—006 **ББК 72**
Н——————— 12—87
073(02)—87

В подготовке статей и биографий авторов принимали участие:
С. Кипнис, доктор биологических наук **В. Павлов**, **О. Овчаренко**, доктор химических наук **А. Стещенко**, кандидат биологических наук **М. Урысон**, доктор медицинских наук **А. Чередеев**

Раздел «Сто лет назад» подготовил **С. Кипнис**

Оформление книги и макет — **В. Савелы**

В книге использованы фотоматериалы ТАСС

Редакторы: **Н. Дубровина**, **Т. Кобзева**, **Г. Кремнева**, **В. Микулицкий**
Младший редактор **Т. Захарова**
Художественный редактор **Т. Егорова**
Технический редактор **Л. Солицева**
Корректоры Н. Мелешкина и **И. Сорокина**

ИБ № 8400

Сдано в набор 26.05.86. Подписано к печати 18.03.87. Т 00422. Формат бумаги 84 × 108$^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура таймс, гельветика. Печать офсетная. Усл. печ. л. 42,0. Усл. кр.-отт. 125,16. Уч.-изд. л. 53,89. Тираж 55 000 экз. Заказ 170. Цена 6 р. 20 к. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 879601. Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Калинин, пр. Ленина, 5.

18